

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Механіко-машинобудівний інститут**

**Кафедра конструювання машин**

До захисту допущено:

В.о.завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Олександр ОХРІМЕНКО

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломний проєкт**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**за освітньо-професійною програмою «Інструментальні системи та  
технології формоутворення деталей»**

**спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»**

**на тему: «Фреза торцева універсальна зі змінними круглими пластинами  
для профільного фрезерування»**

Виконав:

студент III курсу, групи МІ-п71

Мурашко Володимир Сергійович \_\_\_\_\_

Керівник:

к.т.н., доцент

Мініцька Наталія Валентинівна \_\_\_\_\_

Рецензент:

д.т.н., проф. каф. ТВЛА

Гожій Сергій Петрович \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проєкті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

**Пояснювальна записка**  
**до дипломного проєкту**  
**на тему: «Фреза торцева універсальна зі змінними круглими пластинами**  
**для профільного фрезерування»**

Київ – 2020 року

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП МІп71. 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	67	
3	A2	ДП МІп71. 02.001.01	Корпус фрези для профільного оброблення	1	
4	A3	ДП МІп71. 02.001 СК	Фреза торцева універсальна зі змінними круглими пластинами для профільного фрезерування	1	
5	A3	ДП МІп71. 03.001 КН	Карта наладки другого переходу операції 015 Токарна з ЧПК	1	
6	A3	ДП МІп71. 03.002 КН	Карта наладки другого переходу операції 030 Фрезерна з ЧПК	1	
7	A3	ДП МІп71. 03.003 КН	Карта наладки першого переходу операції 035 Свердлильна з ЧПК	1	
8	A3	ДП МІп71. 03.004 КН	Карта наладки операції 050 Шліфувальна	1	
9	A1	ДП МІп71. 04.001 СК	Пристрій для оброблення профільної поверхні деталі «Кришка»	1	

				ДП МІп71 00.000.00		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Розробн.	Мурашко В.С.				1	1
Керівн.	Мініцька Н.В.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. КМ Гр. МІ-п71	
Консульт.						
Н/контр.						
Зав.каф.						

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Механіко-машинобудівний інститут**  
**Кафедра конструювання машин**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Інструментальні системи та технології формоутворення деталей»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Олександр ОХРИМЕНКО

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на дипломний проєкт студенту**  
**Мурашко Володимир Сергійовичу**

1. Тема проєкту «Фреза торцева універсальна зі змінними круглими пластинами для профільного фрезерування», керівник проєкту Мініцька Наталія Валентинівна, к.т.н., доцент, затверджені наказом по університету від «20»\_\_05\_\_ 2020 р. №1120-с
2. Термін подання студентом проєкту 10.60.2020 р.
3. Вихідні дані до проєкту згідно технічного завдання.
4. Зміст пояснювальної записки: аналіз існуючих конструкцій, проектування інструменту, вибір геометричних параметрів, розроблення технологічного процесу, розрахунок припусків на обробку та режимів різання, проектування технологічного оснащення, проектування технологічної операції обробки на верстаті з ЧПК, аналіз напружено-деформованого стану інструменту.
5. Перелік графічного матеріалу: Аналіз конструкцій, кресленик корпусу фрези, складальне кресленик фрези, зображення 3D моделі фрези, карти наладки на 4 операції, складальне кресленик пристосування,



проектування технологічної операції оброблення на верстаті з ЧПК, аналіз напружено-деформованого стану інструменту.

6. Дата видачі завдання 13.04.2020 р.

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналітичний розділ	18.03.2020	
2	Конструкторський розділ	08.04.2020	
3	Технологічний розділ	22.04.2020	
4	Технологічне оснащення	05.05.2020	
5	Розділ обробки з ЧПК	13.05.2020	
6	Дослідницький розділ	21.05.2020	
7	Нормоконтроль	28.05.2020	
8	Перевірка на плагіат	10.06.2020	

Студент

Володимир Мурашко

Керівник

Наталія Мініцька

Технічне завдання до проекту	
Тема проекту	Фреза торцева універсальна зі змінними круглими пластинами для профільного фрезерування
Зміст проекту	Розробити фрезу для оброблення профільних поверхонь деталей з жароміцних сплавів
Технічні умови до проекту	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оброблюваний матеріал – жароміцний сплав ЖС6Ф</li> <li>2. Чорнове та напівчистове оброблення</li> <li>3. Оброблення профільних поверхонь</li> </ol>
Особливі вимоги	

ЛИСТ	ЗМІСТ ІЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРІАЛУ
СП	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Аналіз конструкцій існуючих фрез фірми Sandvik Soromant;</li> <li>2. Аналіз конструкцій хвостовиків;</li> <li>3. Аналіз різальних елементів</li> </ol>
ОП	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кресленик корпусу фрези;</li> <li>2. Складальний кресленик фрези;</li> <li>3. 3D модель фрези</li> </ol>
ТС	<p>Ескіз технологічних операцій:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 015 Токарна з ЧПК;</li> <li>2. 030 Фрезерна з ЧПК;</li> <li>3. 035 Свердлильна з ЧПК;</li> <li>4. 050 Шліфувальна.</li> </ol>
КС	Складальний кресленик технологічного пристосування для оброблення профільної поверхні деталі «Кришка» з проєктованим інструментом
РЧ	<p>Проектування технологічної операції оброблення на верстаті з ЧПК:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 015 Токарна з ЧПК;</li> <li>2. 020 Токарна з ЧПК</li> </ol>
ДС	Аналіз напружено-деформованого стану інструменту

## АНОТАЦІЯ

Об'єктом дипломного проекту стала фреза торцева універсальна зі змінними круглими твердосплавними пластинами для профільного оброблення. Завдання було проектування конструкції інструменту, який би забезпечив якісну та точну профільну обробки різноманітних матеріалів при використанні інструменту для верстатів з ЧПК. До даного проекту входять аналіз елементів конструкцій фрез для профільного оброблення, проектування конструкції інструменту, розробка технології виготовлення та розрахунок режимів різання, проектування пристосування, яке використовується для виготовлення корпусу даної фрези, розробка керуючої програми для обробки на верстаті з ЧПК та аналіз напружено-деформованого стану інструменту.

Ключові слова: профільне оброблення, торцева фреза, кінцева фреза, змінні пластинки, інструмент для верстатів з ЧПК.

Мова – uk

Автор: ст. гр. МІ-п71 Мурашко В.С., під керівництвом к.т.н., доц. Мініцька Н.В.

## ANNOTATION

The object of the diploma project was a universal end mill with replaceable round carbide inserts for profile machining. The task was to design the design of the tool, which would provide high-quality and accurate profile processing of various materials when using the tool for CNC machines. This project includes analysis of elements of milling structures for profile machining, design of tool design, development of manufacturing technology and calculation of cutting modes, design of devices used to manufacture the body of this cutter, development of control program for CNC machining and stress-strain analysis tool.

Key words: profile processing, face mill, end mill, replaceable plates, tool for CNC machines.

Language - uk

Author: art. gr. MI-p71 Murashko V.S., under the leadership of Ph.D., professor. Minitska N.V.

## ЗМІСТ

Вступ .....	6
1. Аналітичний розділ .....	7
1.1. Вихідні дані .....	7
1.2. Аналіз об'єктів .....	7
1.3. Синтез конструкції .....	14
2. Конструкторський розділ .....	17
2.1. Об'єкт проектування .....	17
2.2. Конструкція інструменту .....	17
2.3. Принцип роботи інструменту .....	19
2.4. Побудова 3D моделі фрези .....	20
2.5. Вибір матеріалу інструмента .....	23
2.6. Визначення зміщення осі гвинта відносно осі отвору пластини...	25
2.7. Геометричні параметри інструменту .....	29
3. Технологічний розділ .....	30
3.1. Технологічні вимоги виготовлення інструменту .....	30
3.2. Базовий технологічний процес .....	30
3.3. Розроблення технологічного процесу .....	31
3.4. Розрахунок припусків на механічне оброблення .....	34
3.5. Розрахунок режимів різання .....	38
3.6. Розрахунок операційного часу .....	43
4. Технологічне оснащення .....	44
4.1. Призначення технологічного оснащення.....	44
4.2. Будова та принцип роботи.....	44
4.3. Схема базування.....	45
4.4. Обчислення похибки базування.....	46
4.5. Розрахунок зусилля затиску заготовки .....	47
4.6.Розрахунок основних параметрів затискного механізму.....	49
5. Розділ обробки з ЧПК .....	50

5.1. Створення необхідних 3D моделей .....	50
5.2. Операція 015 Токарна з ЧПК .....	52
5.3. Операція 020 Токарна з ЧПК .....	55
6. Дослідницький розділ .....	59
6.1. Вихідні дані .....	59
6.2. Розрахунок режимів різання та зусиль .....	59
6.3. Розрахунок напружено-деформованого стану .....	61
7. Література та використані джерела .....	64
ДОДАТКИ	

## ВСТУП

Дипломний проект стосується галузі машинобудування, зокрема інструментальне виробництво. Від точності та якості виготовлення різального інструменту, в подальшому, в певній мірі буде залежати точність та якість виготовлення деталей, а також продуктивність обробки.

Фреза торцева універсальна зі змінними круглими пластинками із твердого сплаву для профільного оброблення в першу чергу повинна забезпечувати необхідні умови для профільного оброблення та залишатися працездатною.

Метою даного проекту є проектування фрези торцевої універсальної зі змінними круглими пластинками із твердого сплаву для профільного оброблення. Для досягнення цієї мети проекту необхідно виконати наступні завдання:

1. Провести аналіз існуючих фрез для профільного оброблення та елементів їх конструкцій (хвостовиків, різальних елементів, наявність отворів для подачі МОР, тощо);
2. Виконати конструювання даної фрези, створити 3D модель інструменту та виконати необхідні креслення;
3. Розробити технологічний процес виготовлення розробленої фрези, обрати заготовку, розрахувати припуски на оброблення та режими різання;
4. Розробити спеціальне пристосування для оброблення розробленої фрези;
5. Виконати симуляцію процесу оброблення та створити керуючу програму для обробки розробленої фрези на верстаті з ЧПК;
6. Провести аналіз напружено-деформованого стану розробленої фрези.



# 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Вихідні дані

Ціль даного проекту – спроектувати фрезу для профільного оброблення поверхонь. Область застосування даного інструменту – оброблення деталей аерокосмічної промисловості, загального машинобудування та енергетики. Фреза призначена для чорнового та напівчистового оброблення. Інструмент призначений для обробки сталей, нержавіючих сталей, жароміцних сплавів та матеріалів високої твердості [1].

В даній роботі для розрахунку та проектування інструменту оброблювану деталь було обрано з матеріалу – жароміцний сплав ЖС6Ф.

Профільне фрезерування – розповсюджена фрезерна операція. Круглі пластини і радіусні фрези використовуються для чорнового та напівчистового оброблення, а кінцеві фрези зі сферичним кінцем – для чистового та фінішного оброблення [1].

## 1.2 Аналіз об'єктів

### 1.2.1 Аналіз типових конструкцій фрез

Для цілей проекту було розглянуто наступні конструкції інструментів:

- Фреза CoroMill Plura – цільна кінцева фреза [2].

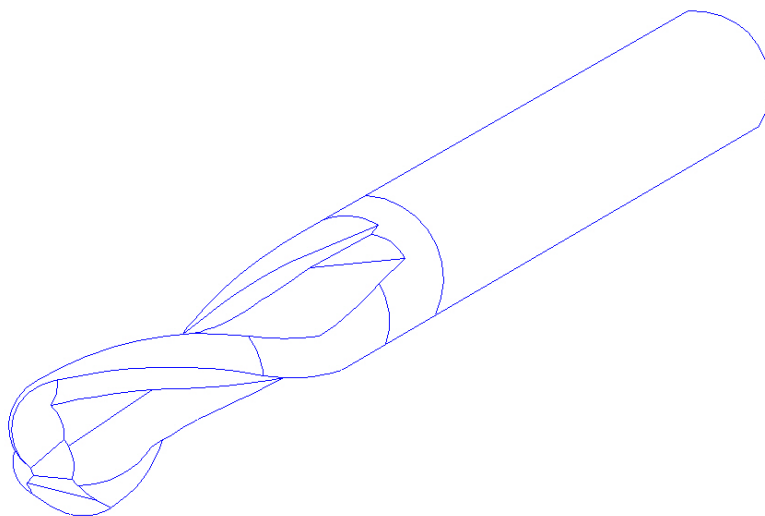


Рисунок 1.1 – Фреза CoroMill Plura

CoroMill Plura – це лінійка високоякісних цільних твердосплавних кінцевих фрез, які являють собою продуктивні, ефективні і надійні рішення для фрезерування. В асортименті представлені інструменти для чорнового та чистового оброблення. Одна із варіацій даних фрез – призначена для профільного оброблення різноманітних матеріалів. Діаметр різання даної фрези від 0,1 до 25,4 мм, глибина різання від 0,08 до 45 мм. Є варіації з 2-ма та 4-ма зубцями для адаптації до різноманітних умов профільної обробки. Виготовляється з високоякісних сплавів 1610, 1620, 1630, 1700, H10F, N20C, P10. Має циліндричний хвостовик. Дана фреза являється типовим прикладом фрези для профільної обробки цільної конструкції. Серед її недоліків слід виділити цілісність інструменту, так як при несправності різальної частини або хвостової частини – інструмент не може експлуатуватися в подальшому. Також даний інструмент є дорогим у виробництві [2].

- Фреза CoroMill 216F – кінцева фреза для високоточної профільної обробки [3].

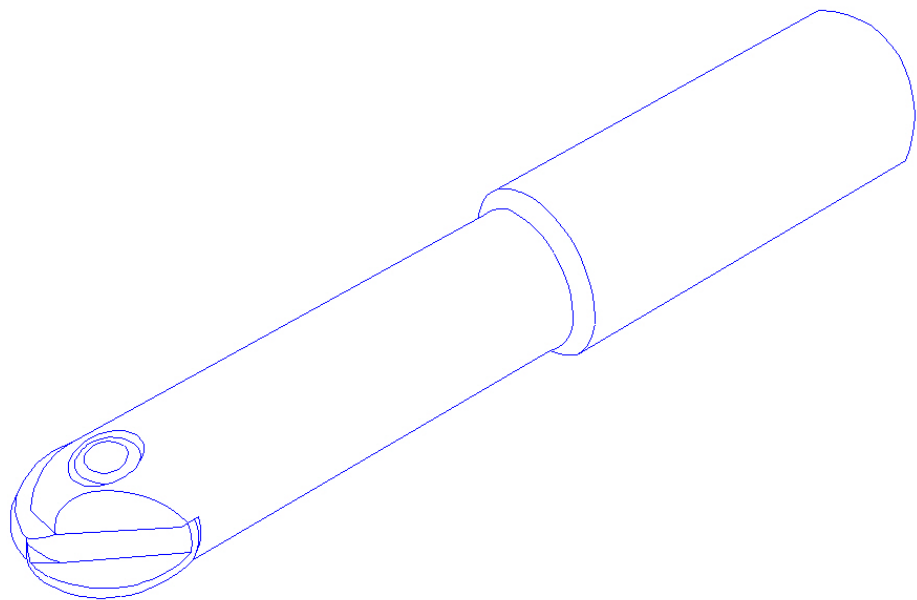


Рисунок 1.2 – Фреза CoroMill 216F

Фреза CoroMill 216F зі сферичним кінцем для чистового фрезерування використовується при виготовленні прес-форм, а також при виготовленні

турбінних лопаток в аерокосмічній промисловості. Її гострі кромки дозволяють оброблювати загартовану сталь твердістю до HRC 60, нержавіючу сталь, сірий чавун, чавун з кулеподібним графітом, а також алюміній. Дозволяє отримувати чудову чистоту поверхні та має високу точність. Економічно ефективніша в порівнянні з цільними твердосплавними фрезами. Легка в використанні [3].

Виконується з сталевим хвостовиком для звичайної профільної обробки і з жорстким твердосплавним хвостовиком для забезпечення високих вимог до точності. Діапазон діаметрів від 8 до 32 мм, глибина різання від 0,32 до 45,49 мм. Використовуються ріжучі пластини геометрії R216-xxx E-L для обробки сталі, нержавіючої сталі, чавунна і алюмінію, а також графіту. Перевагою даної фрези є наявність змінної пластинки та надійність обробки. До недоліків віднесемо низьку продуктивність через наявність тільки 2-х ріжучих кромки [3].

- Фреза CoroMill 216 – кінцева з сферичним кінцем [4].

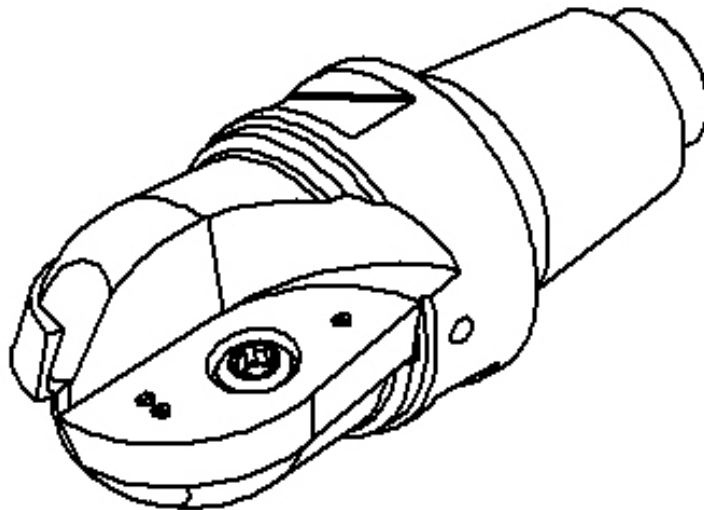


Рисунок 1.3 – Фреза CoroMill 216

Надійна фреза зі сферичним кінцем для чорнового і напівчистового оброблення криволінійних поверхонь. Даний інструмент легко

використовувати на оброблювальних центрах, фрезерних верстатах з ЧПК і копіювально-фрезерних верстатах для виготовлення штампів та прес-форм, а також для аерокосмічної, автомобільної і сумісних галузей промисловості [4].

Характерна високою надійністю і стабільністю, високою швидкістю зняття матеріалу та простотою використання. Має різну величину вильоту за рахунок модульних рішень ріжучих головок в поєднанні з різними хвостовиками. Діапазон діаметрів різання від 7,94 до 50,8 мм, глибина різання від 0,32 до 45,49 мм. Оснащується 2-ма пластинами R216 або R216A, відповідно для чорнового та напівчистового оброблення. До плюсів даної фрези можна віднести те, що вона є модульною і її можна з'єднувати з певним переліком пристосувань і в випадку виходу з ладу легко замінити на інший інструмент. Недоліком фрези є падіння швидкості різання до нуля в центрі фрези, що призводить до виникнення лиски в зоні, де фреза працює своїм центром, а також наявність тільки двох ріжучих кромek [4].

- Фреза CoroMill 300 – універсальна торцева фреза з круглими пластинами [5].

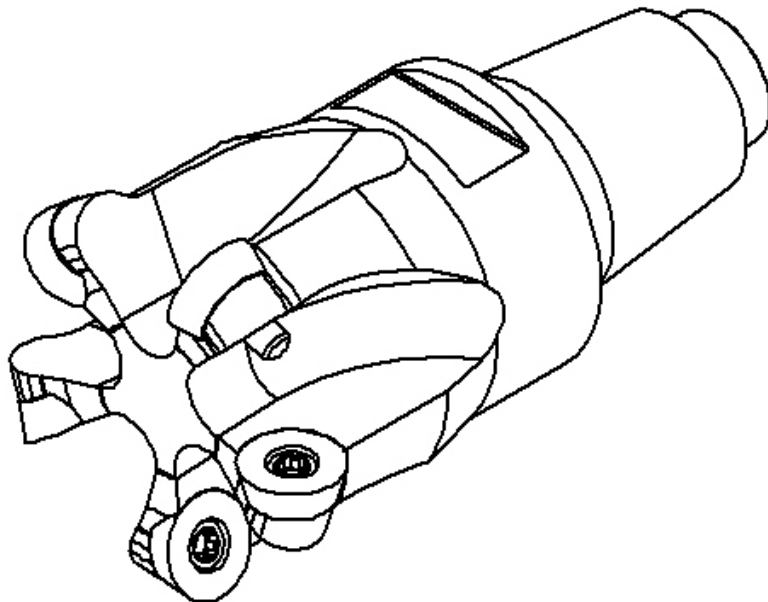


Рисунок 1.4 – Фреза CoroMill 300

Це універсальний інструмент призначений для широкого діапазону операцій, таких як торцеве фрезерування, обробка карманів і профільна обробка. Ненавантажене різання забезпечує плавне врізання і вихід при обробці інструментом з великим вильотом. Діаметр різання від 4,3 до 508 мм, глибина різання від 0,85 до 21,6 мм. Дана фреза оснащується круглими шліфованими пластинами з позитивними кутами, що забезпечує оптимізоване різання та високу точність обробки. Є варіації від 3 до 8 пластин [5].

Тороїдальна конструкції фрези дозволяє значно збільшити продуктивність і дуже добре підходить для напівчистового оброблення. Фрези з позитивними задніми кутами забезпечують ненавантажене різання, що дозволяє працювати фрезами з мілким кроком і невеликими ріжучими пластинами при високих швидкостях різання в поєднанні з великими подачами, що підвищує продуктивність. Даний інструмент має неймовірну геометричну прохідність, а також можливість різання у всіх напрямках і багатокординатній обробці важко профільних поверхонь. Ці фрези забезпечують низькі сили різання і незначне тепловиділення при обробці з малою глибиною різання. Це дозволяє підвищити подачу в 5-10 разів в порівнянні з звичайною обробкою. Також до позитивних рис даних фрез можна віднести наявність отворів для внутрішньої подачі МОР та надійне кріплення пластин системою iLock. До недоліка даної фрези можна віднести неможливість чистової обробки [5].

### **1.2.2 Аналіз типових хвостовиків**

Хвостовик з конусом Морзе (рис. 1.5) – одне із найпоширеніших кріплень інструменту. До його переваг можна віднести швидку зміну інструмента, високу точність центрування та надійність фіксації [6].

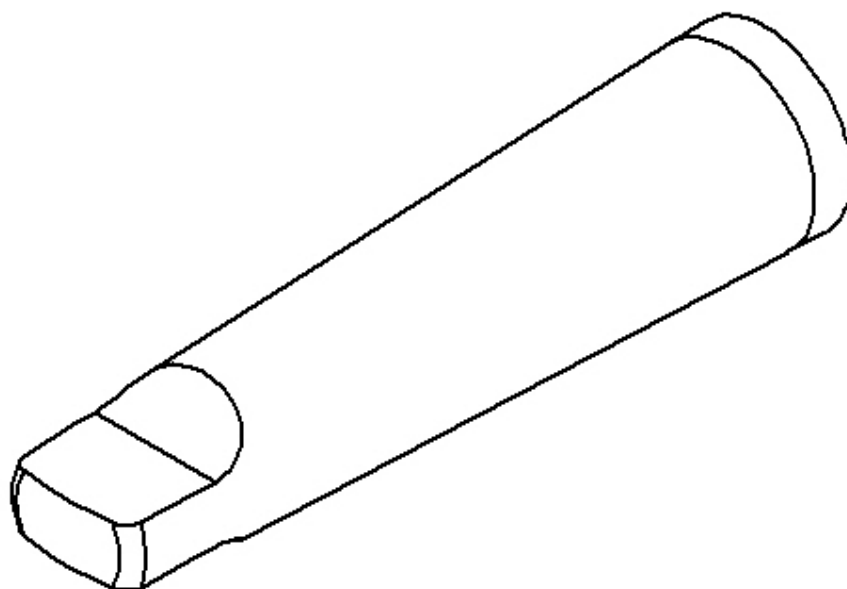


Рисунок 1.5 – Хвостовик з конусом Морзе

Недоліками є важкість виготовлення такого хвостовика, можливе часте само заклинювання хвостовика в шпинделі, значні довжини хвостовика, невелика площа торця хвостовика і, як наслідок, недостатній осьовий упор та неможливість автоматичної зміни інструменту через відсутність зачепів на хвостовику [7].

Циліндричний хвостовик (рис. 1.6) достатньо простий у виготовленні та найбільш розповсюджений у використанні на різальних інструментах.

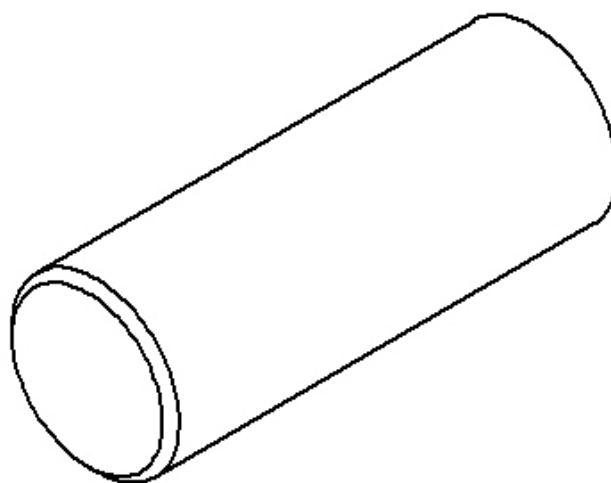


Рисунок 1.6 – Циліндричний хвостовик

До переваг такого хвостовика можна віднести простоту та швидкість зміни інструменту в патроні, інструмент не заклинює в робочому матеріалі, внаслідок малих обертальних моментів, економія матеріалу, оскільки циліндричні хвостовики в 2-3 рази коротші за конічні та виникає можливість застосовувати такі хвостовики в ручних інструментах [8].

Недоліками являються неможливість передачі відносно великого обертального моменту через прослизання хвостовика та порівняно з конічним хвостовиком гірше центрування інструменту [8].

Шестигранний хвостовик (рис. 1.7) доволі часто застосовуються в різальних інструментах іноземних підприємств-виробників.

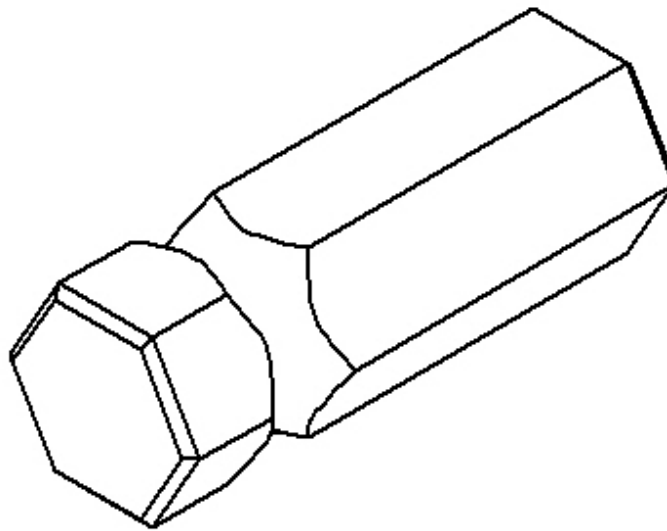


Рисунок 1.7 – Шестигранний хвостовик

Перевагами такого хвостовика є здатність передачі великих крутних моментів через стійкість до прокручування, швидка зміна інструменту та можливість застосовувати такий хвостовик як і в трьохкулчаковому патроні так і в державках викруток-вставок [9].

Недоліками є важкість виготовлення та додаткові вимоги по виготовленню до хвостовика [9].

### **1.2.3 Аналіз різального елементу**

Розглянемо конструкції фрез в залежності від виду різальних елементів. Цільні фрези (рис. 1.1) являються досить поширеними. Основна перевага такого інструменту – це його простота конструкції

Недоліками цільних фрез є те, що коли інструмент затуплюється, його необхідно переточувати, застаріла конструкція інструменту та використання великої кількості інструментальних матеріалів, що дуже дорого.

Фрези зі змінними різальними пластинами (рис. 1.2,1.3,1.4) є більш досконалою конструкцією інструменту.

Перевагами цих інструментів є:

- Оскільки основний корпус зазвичай виготовлений із стандартної конструкційної сталі, використання змінних ріжучих матеріалів може значно заощадити витрати інструменту;
- відсутня необхідність переточування, так як при затупленні різальних кромek пластинок, останню можна замінити на іншу без витрати часу;
- просте механічне кріплення за допомогою зміщення осей отвору в корпусі та отвору в пластині за допомогою гвинта;
- можливість обробки різних матеріалів шляхом заміни ріжучих вставок.

### **1.3 Синтез конструкції**

На основі раніше розглянутих конструкцій інструментів та структур хвостовиків інструменту (що відповідає вихідним даним дипломного завдання) може бути сконструйований синтезований об'єкт.



Цей об'єкт повинен:

- містити в собі переваги та особливості розглянутих конструкцій фрез та хвостовиків, маючи при цьому найменші недоліки або взагалі їх відсутність ;
- наявність надійного і міцно фіксуючого кріплення для різальних пластинок;
- бути надійно з базованим в цанговому патроні;
- бути універсальним, тобто мати можливість використовуватися при різних режимах різання відповідно до поставленого завдання;
- мати хвостовик, якому властиві достатні міцність та зносостійкість;

Тому, після виконаного аналізу конструкції фрез та хвостовиків, було обрано наявність циліндричного хвостовика та наявність змінних різучих твердосплавних елементів.

В якості вигляду різальної частини фрези беремо типову конструкцію фрези на прикладі CoroMill 300 (рис 1.1). Це обумовлюється тим, що при обробці профільних та криволінійних поверхонь найкраще себе показує інструмент діаметром від 16 до 32 мм. Обрана конструкція відповідає цьому параметру і має характеристика високої точності та високої продуктивності.

Знову ж таки, дана конструкція має внутрішню подачу охолоджувальної рідини, що є дуже важливим при обробці жароміцних матеріалів та при високих подачах. В вибраному екземплярі використовується 4 отвори під кутом до робочої області.

Розглядаючи фрезу CoroMill 216F можна підкреслити наявність циліндричного хвостовика. Наявність хвостовика зменшує число з'єднань інструменту з верстатом порівняно з модульною системою. Це підвищує жорсткість та точність інструменту, а також покращує базування інструменту. Тому для синтезованого об'єкту запозичимо наявність хвостовика.

Для кінцевого результату аналізу обираємо пластини фірми Sandvik, з твердого сплаву, такі ж самі як і на фрезах CoroMill 300.

Нерівномірний окружний крок фрези сприяє зменшенню вібрацій, що виникають при обробці, а це в свою чергу сприяє підвищенню стійкості інструменту [10].

Зменшення вібрацій при використанні фрез з нерівномірним окружним кроком пояснюється тим, що величина стружки неоднакова у суміжних зубів і як наслідок сили різання різні за величиною, сили різання викликають коливання системи верстат-заготівка-інструмент. Коливання при нерівномірному кроці зубів відбуваються з нерівномірною амплітудою. Відповідно наступні одне за іншим коливання не збігаються по фазі, тому найбільші величини коливань, що виникають від різних зубів, не складаються [10].

Таким чином, коливання (вібрації) при роботі фрезами з нерівномірним окружним кроком не досягають великої величини, як при роботі з рівномірним окружним кроком, тому при конструюванні даного інструменту, будемо використовувати нерівномірний окружний крок фрези [10].

Синтезований об'єкт не є кінцевим результатом, а тільки основою для подальшого проектування і потребує уточнення конструкції і геометрії інструмента.

## **2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ**

### **2.1 Об'єкт проектування**

В даному дипломному проєкті об'єктом проектування є фреза для профільного фрезерування, а саме – чорнове оброблення профільної частини деталі, з жароміцного матеріалу.

Технічні вимоги до інструменту:

1. Оброблювальний матеріал – жароміцний сплав ЖС6Ф;
2. Параметри оброблювальної деталі:
  - Припуск оброблення – 2 мм;
  - Чорнове оброблення
  - Діаметр різання – 22 мм;
3. Кількість пластин – 4;
4. Матеріал корпусу – 9ХС;
5. Механічне кріплення пластин у корпусі;
6. Конструкція хвостовика для установки на верстатах з ЧПК та оброблювальних центрах;
7. Внутрішнє підведення МОР.

### **2.2 Конструкція інструменту**

Загальна конструкція інструмента складається з корпусу, який в свою чергу має циліндричний хвостовик з внутрішнім підведенням МОР (1.1) та робочу частину з розподіленим внутрішнім підведенням МОР (1.2), пластин фірми Sandvik “600-1045 E-ML S40T” (2) та гвинтів з потайною головкою (3), що поставляються у комплекті разом з пластинами.

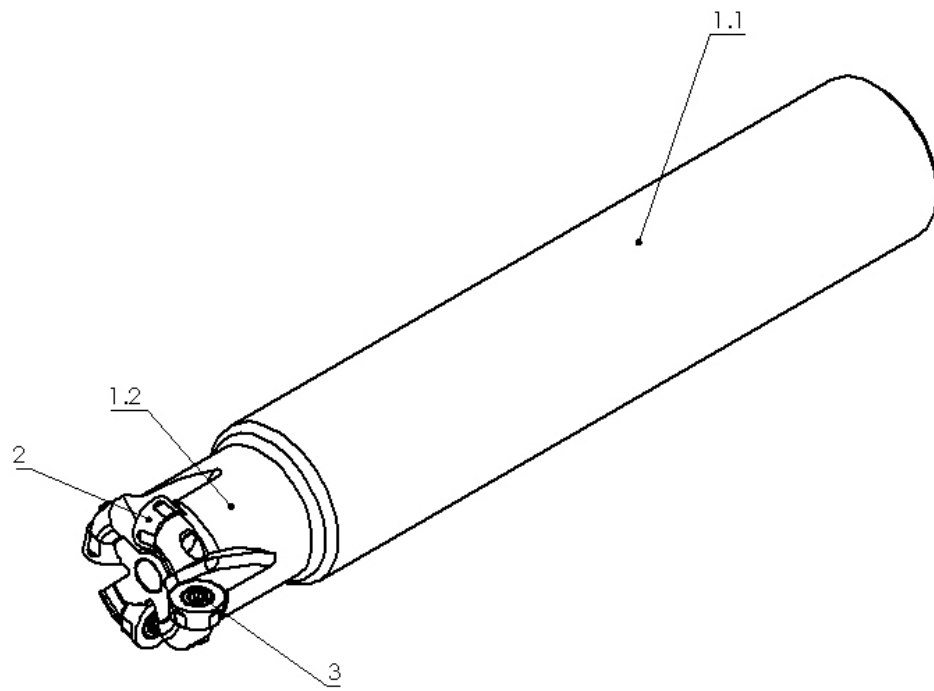


Рисунок 2.1 Конструкція фрези

Хвостовик призначений для кріплення у цанговому патроні. Робоча частина та хвостовик виконані цільною конструкцією.

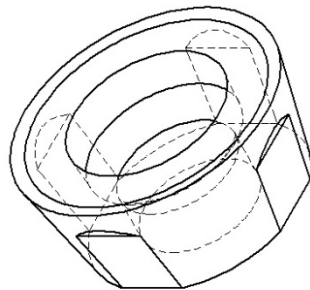


Рисунок 2.2 – Пластина фірми Sandvik “600-1045 E-ML S40T”

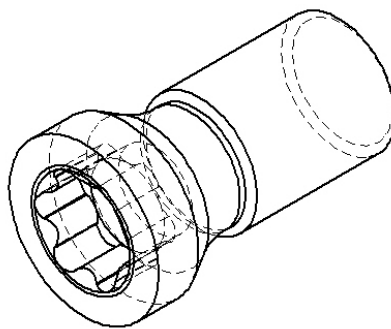


Рисунок 2.3 – Гвинт ISO 5513 020 – 75 з потайною головкою під зірочку

На робочій частині наявні пази, на них виконані посадочні місця під пластини. Пластини базуються по отворах за рахунок зміщення вісей отвору пластини відносно отвору корпусу. Також в пазах виконані отвори під кутом для внутрішнього підведення МОР. Отвори направлені в область різання фрези для кращого видалення стружки з області різання.

Складання фрези:

- 1) Спочатку пластина (рис. 2.2) встановлюється на свої місця;
- 2) Потім пластина закріплюється гвинтом ISO 5513 020 – 75 з потайною головкою під зірочку (рис. 2.3).

### **2.3 Принцип роботи інструменту**

Даний інструмент використовується на оброблювальних центрах або фрезерних верстатах, вісь яких перпендикулярна до площини оброблення. Профільне фрезерування передбачає багатокоординатне фрезерування випуклих і ввігнутих поверхонь по двом і трьом напрямкам. Чим більше деталь і чим складніша конфігурація для верстату, тим важніше стає планування профільного фрезерування [11].

Дана фреза – це високопродуктивний інструмент, вона використовується для чорнової обробки, тобто коли необхідна висока швидкість зняття матеріалу.

Кінематика процесу фрезерування характеризується швидким обертанням фрези навколо своєї осі та рухами подач, швидкість так корекція яких запрограмована у оброблювальному центрі з ЧПК або фрезерному верстаті з ЧПК [11].

Перевагами даного інструменту є:

- висока хвилинна подача – висока продуктивність.
- інструмент може використовуватись як для профільного фрезерування, так і для торцевого, та врізання під кутом.

Особливостями цієї фрези є:

- циліндричний хвостовик для кріплення в цанговому патроні або інших;
- геометрія, форма та сплави пластин для всіх матеріалів.

Область використання фрези:

- профільне фрезерування;
- торцеве фрезерування;
- чорнова обробка;
- напівчистова обробка;
- обробка важкооброблюваних матеріалів;

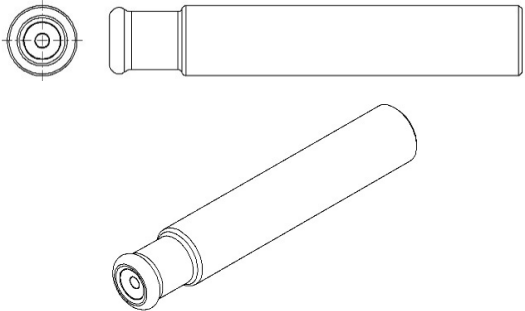
Дана фреза оснащена внутрішнім підведенням МОР у зону різання, це покращує охолодження процесу різання та виводить стружку з зони різання.

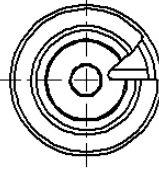
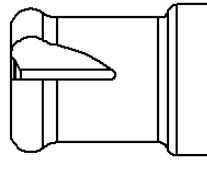

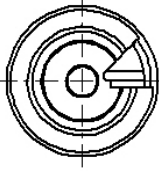
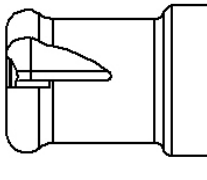

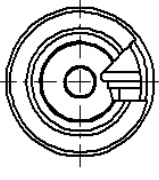
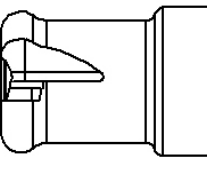
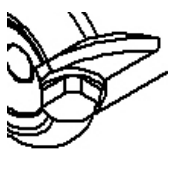
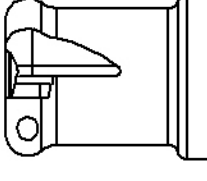

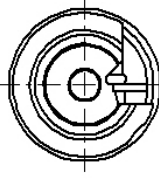
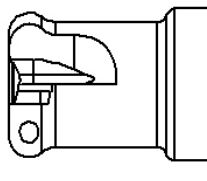
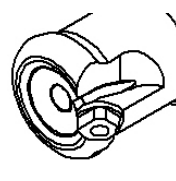

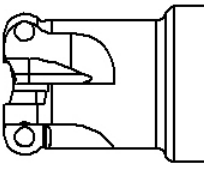
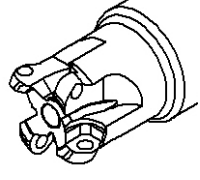
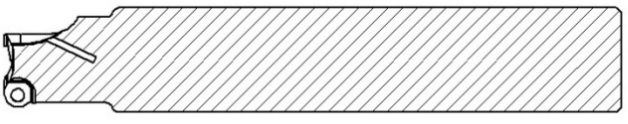
Характерною рисою цього інструменту є його висока працездатність, так як при затупленні або поламці пластини, її можна замінити новою, тому даний інструмент не потрібно переточувати. Якщо з ладу виходить робоча частина фрези, місця кріплення пластин, інструмент замінюється повністю і не підходить для ремонту.

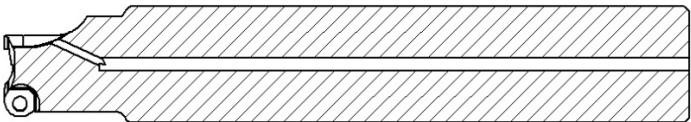
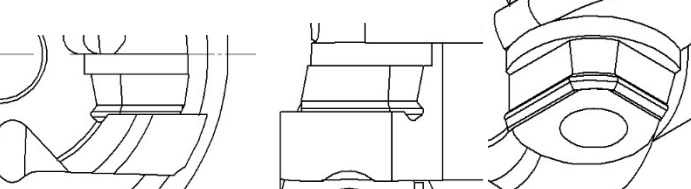
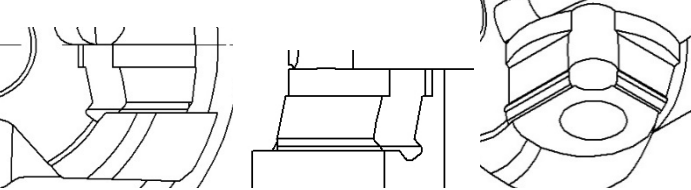
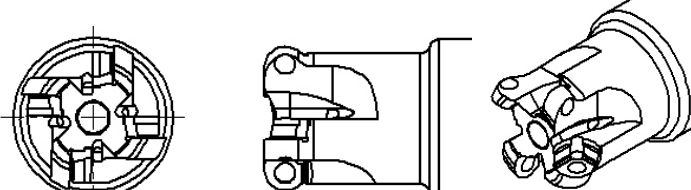
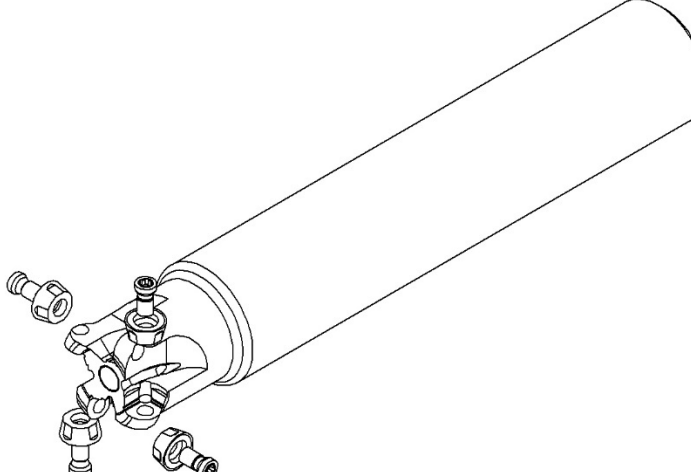
## 2.4 Побудова 3D моделі фрези

Виконаємо побудову 3D моделі інструменту в системі CAD «Solidworks». Ескізи та опис зобразимо в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Побудова 3D моделі фрези

№	Назва операції	Суть операції	Ескіз операції
1	Обернути	Отримали зовнішній контур фрези з фаскою на хвостовику	

2	Виріз- обернути	Отримали канавку для виходу стружки			
3	Виріз	Вирізання пазу для кріплення твердосплавної пластини			
4	Виріз, нахил	Вирізання пазу для кріплення твердосплавної пластини			
5	Виріз	Створення різьбового отвору для кріплення твердосплавної пластини до корпусу			
6	Виріз по траєкторії	Створення канавки для виходу стружки			
7	Круговий масив	Копіювання 2, 3, 4, 5 та 6 операцій по кругу для отримання ще 3 канавок та пазів			
8	Виріз	Створення отвору під кутом 150° для подачі МОР			

9	Виріз	Створення отвору в середині хвостовика для подачі МОР	
10	Виріз по траєкторії	Створення канавки для виходу шліфувального круга	
11	Виріз	Створення викружки для виходу шліфувального круга	
12	Круговий масив	Копіювання 8, 10 та 11 операцій по кругу	
13	Складальна	Пригвинчуємо 4 твердосплавні різальні пластини чотирьома гвинтами до корпусу фрези	



## 2.5 Вибір матеріалу інструменту

### 2.5.1 Вибір матеріалу корпусу

У сучасному виробництві корпуси інструментів виготовляють з конструкційних сталей марок: 40, 45, 40X, 45X, 50, 60 або леговані сталі марок: ХВГ, 9ХВГ, 9ХС, ХВСГ. Також для виготовлення корпусів інструментів використовують тверді сплави. Тверді сплави допомагають зменшити відхилення, а це в свою чергу дозволяє працювати з більш високими вильотами та в більш важких умовах з мінімальною вібрацією [12].

Але твердосплавні корпуси інструментів мають недоліки, головний із яких – складність їх отримання, а також висока вартість. Твердий сплав характеризується більш крихким в зрівнянні з інструментальними сталями. Це може призвести до поломки хвостовика або робочої частини корпусу [12].

Для виготовлення корпусу інструменту була обрана легована сталь марки 9ХС.

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 9ХС

ГОСТ	Режими термічного оброблення	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	$\sigma_B$ (МПа)	$\Psi\%$	НВ, не більше
	Ізотермічний відпал 790-819 °С. Температура ізотермічної витримки 710 °С Гартування 870 °С, масло. Відпуск	295-390	590-690	50-60	(197-241)

Таблиця 2.3 – Теплостійкість сталі 9ХС

Температура °С	Час, г	HRC <sub>d</sub>
150-160	1	63
240-250	1	59

Таблиця 2.4 – Фізичні властивості 9ХС

T(град)	$E \cdot 10^{-5}$ (МПа)	$\rho$ (кг/м <sup>3</sup> )	R 10 <sup>3</sup> (Ом*м)
20	1,9	7830	400

Таблиця 2.5 – Хімічний склад сталі 9ХС

Хімічний елемент	%
Карбон	0,85-0,95
Силіцій	1,2-1,6
Манган	0,3-0,6
Нікель	До 0,35
Сульфур	До 0,03
Фосфор	До 0,03
Хром	0,95-1,25
Молібден	До 0,2
Вольфрам	До 0,2
Ванадій	До 0,15
Талій	До 0,03
Купрум	До 0,3
Ферум	~94

### 2.5.2 Вибір матеріалу пластини

В сучасному виробництві значного використання для виготовлення різальних елементів набули тверді сплави. Пластини, які використовуються в даному дипломному проєкті виготовлені з твердого сплаву S40T, призначеного для чорнової та напівчистої обробки матеріалів групи М, S. Українським аналогом є титанотанталовольфрамовий твердий сплав ТТ7К12 [13].

Титанотанталовольфрамові тверді сплави складаються з карбідів вольфраму (WC), титану (TiC), танталу (TaC) та кобальтової зв'язки (Co).

Таблиця 2.5 – Характеристики S40T

Склад сплаву, %				Характеристики фізико-механічних властивостей		
WC	TiC	TaC	Co	Межа міцності при згині $\sigma_z$ , МПа (не менше)	Густина $\times 10^{-3}$ кг/м <sup>3</sup> (г/см <sup>3</sup> )	HRA (не менше)
81	4	3	12	1700	13,3	87

Також дані пластини мають покриття CVD TiCRN+AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+TiN.

## 2.6 Визначення зміщення осі гвинта відносно осі отвору пластини

Точність розташування пластинки в інструменті забезпечується зміщенням осі пластинки відносно осі отвору корпусу фрези [14].

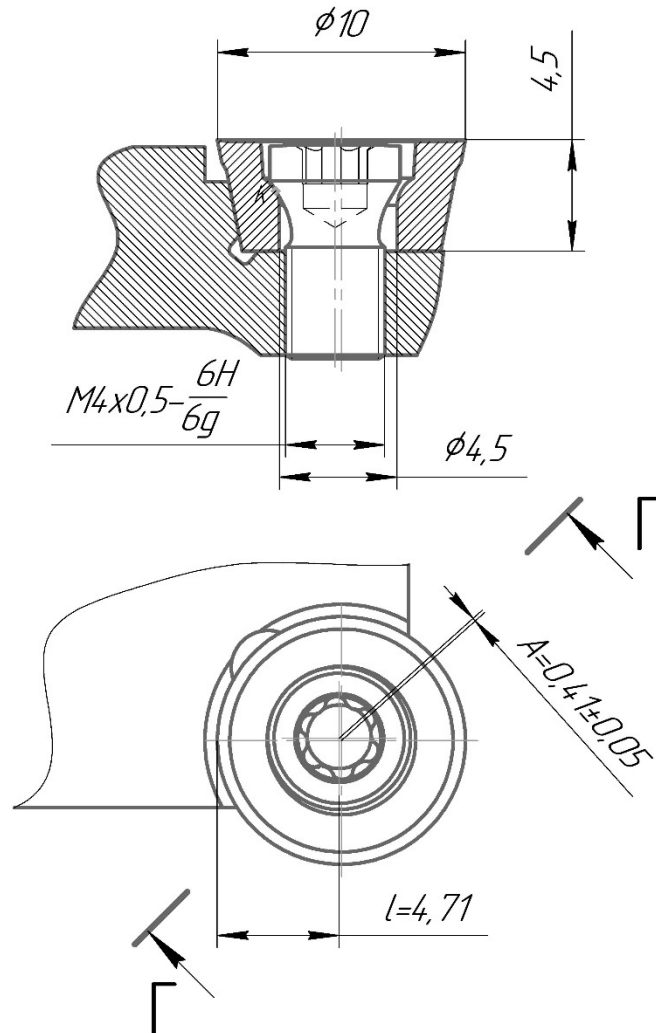


Рисунок 2.4 – Схема кріплення пластини

Для забезпечення необхідного зміщення до виготовлення гнізда під пластину, кріпильного гвинта і різальної пластини висуваються високі вимоги точності. Завдяки зміщенню осі гвинта відносно осі пластини конічна головка гвинта має контактує з різальною пластиною у точці К (рис. 2.4), а з протилежного боку від точки К контакт відсутній. Це гарантує надійне притискання різальної пластини до опорних поверхонь гнізда [14].

Розрахунок проводимо за літературою [14].

Зміщення осі різальної пластини відносно її осі симетрії визначається за формулою [14]:

$$A = \sum_{i=1}^6 A_i = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 = 0,36 \text{ мм}, \quad (2.1)$$

де,  $A_1$  – зміщення за рахунок зміни діаметра вписаного кола пластини  $d$ ;

$A_2$  – зміщення за рахунок зміни діаметра кріпильного отвору  $d_1$ ;

$A_3$  - зміщення за рахунок відхилення від симетричності отвору відносно задніх поверхонь;

$A_4$  - зміщення за рахунок відхилення розміру  $l$  від бічної сторони гнізда до осі кріпильного гвинта;

$A_5$  - зміщення за рахунок зазору в різбовому з'єднанні гвинта і різбового отвору в корпусі;

$A_6$  - зміщення за рахунок відхилення від співвісності головки гвинта відносно осі його різьби [14].

Зміщення  $A_1$  за рахунок зміни діаметра вписаного кола пластини  $d$  [14]:

$$A_1 = \frac{0.5T_d}{\cos \alpha} = \frac{0.5 \cdot 0.1}{\cos 45^\circ} = 0,07 \text{ мм} \quad (2.2)$$

де,  $T_d$  - допуск на діаметр вписаного кола;

$\alpha$  - кут між бісектрисою кута і перпендикуляром до бічної сторони гнізда.

За [15] допуск на діаметр вписаного кола -  $T_d = 0.1$  мм.

Кут між бісектрисою кута і перпендикуляром до бічної сторони гнізда  $\alpha$  визначається за формулою [14]:

$$\alpha = 90^\circ - \varepsilon/2 = 45^\circ \quad (2.3)$$

Зміщення  $A_2$  за рахунок зміни діаметра кріпильного отвору  $d_1$ :

$$A_2 = \frac{T_{d1}}{2} = \frac{0,12}{2} = 0,06 \text{ мм}, \quad (2.4)$$

де,  $T_{d1}$  – допуск на виготовлення отвору;

За [16] допуск на виготовлення отвору –  $T_{d1} = 0.12$  мм.

Зміщення  $A_3$  за рахунок відхилення від симетричності отвору відносно задніх поверхонь [14]:

$$A_3 = \frac{TPS}{2} = \frac{0,1}{2} = 0,05 \text{ мм}, \quad (2.5)$$

де,  $TPS$  - допуск симетричності отвору пластини.

За [14] допуск симетричності отвору пластини -  $TPS = 0,1$  мм

Зміщення  $A_4$  за рахунок відхилення розміру  $l$  від бічної сторони гнізда до осі кріпильного гвинта [14]:

$$A_4 = \frac{T_l}{\cos \alpha} = \frac{0,1}{\cos 45^\circ} = 0,14 \text{ мм}, \quad (2.6)$$

де,  $T_l$  - допуск на довжину, що рівна половині діаметра вписаного кола.

При довжині  $l = 5$  мм за [8] -  $T_l = 0,1$  мм.

Зміщення  $A_5$  за рахунок зазору в різьбовому з'єднанні гвинта і різьбового отвору в корпусі [14]:

$$A_5 = \frac{S_{D2}^{max}}{2} = \frac{0,195}{2} = 0,098 \text{ мм}, \quad (2.7)$$

де,  $S_{D2}^{max}$  - найбільший зазор за середнім діаметром.

Найбільший зазор за середнім діаметром визначається за формулою:

$$S_{D2}^{max} = ES_{D2} - ei_{d2} = 0,1 + 0,095 = 0,195 \text{ мм}, \quad (2.8)$$

де,  $ES_{D2}$  – верхнє відхилення різьбового отвору за середнім діаметром;

$ei_{d2}$  – основне (верхнє) відхилення середнього діаметру.

Верхнє відхилення різьбового отвору за середнім діаметром визначається за формулою:

$$ES_{D2} = EI_{D2} + T_{D2} = 0 + 0,1 = 0,1 \text{ мм}, \quad (2.9)$$

де,  $EI_{D2}$  – основне (нижнє) відхилення середнього діаметру;

$T_{D2}$  – допуск на середній діаметр.

Для різбового отвору  $M4 \times 0.5 - 6H$  за [14] основне (нижнє) відхилення середнього діаметру рівне  $EI_{D2} = 0$ , допуск на середній діаметр -  $T_{D2} = 0,1$  мм.

Основне (верхнє) відхилення середнього діаметру визначається за формулою:

$$ei_{d2} = es_{d2} - T_{d2} = -0,02 - 0,075 = -0,095 \text{ мм}, \quad (2.10)$$

де,  $es_{d2}$  – основне (верхнє) відхилення середнього діаметру;

$T_{d2}$  – допуск на середній діаметр.

Для гвинта  $M4 \times 0,5 - 6g$  за [14] основне (верхнє) відхилення середнього діаметру рівне  $es_{d2} = -0,02$  мм, допуск на середній діаметр -  $T_{d2} = 0,075$  мм.

Зміщення  $A_6$  за рахунок відхилення від співвісності головки гвинта відносно осі його різьби [14]:

$$A_6 = \frac{TPC}{2} = \frac{0,05}{2} = 0,025 \text{ мм}, \quad (2.11)$$

де,  $TPC$  – відхилення від співвісності головки відносно осі різьби.

Для кріпильних гвинтів загалом приймають, що відхилення від співвісності головки відносно осі різьби не повинно перевищувати значення  $TPC = 0,05$  мм [14].

Формула для розрахунку зміщення  $A$  отримана за методом повної взаємозамінності, тобто приймається, що всі відхилення можуть одночасно приймати найбільші або найменші значення, що є малоймовірним. Для того щоб прийняти номінальне значення зміщення осі  $A_n$ , та проставити його на кресленні корпусу інструменту, необхідно перевірити виконання двох умов

[14]. Першою умова говорить про те, що найменше зміщення осей  $A_{min}$  повинне бути більшим  $A$  ( $A_{min} > A$ ) [14].

$$A_{min} > 0,36 \text{ мм.}$$

Ця умова забезпечує наявність контакту пластини з бічними поверхнями гнізда корпусу і одночасно з головкою кріпильного гвинта [14].

Найбільше зміщення осей  $A_{max}$  в напрямку кута гнізда під пластину не повинно перевищувати різниці діаметрів отвору в пластині і гвинта рівне:

$$A_{max} = d_{1 \min} - d_{\text{гв.}max} = 4,44 - 3,98 = 0,46 \text{ мм,} \quad (2.12)$$

де,  $d_{1 \min} = 4,44$  мм – найменший граничний розмір кріпильного отвору пластини;

$d_{\text{гв.}max} = 3,98$  мм – найбільший граничний розмір зовнішнього діаметра гвинта.

Номінальний розмір має бути в межах:

$$A_{min} \leq A_H \leq A_{max}$$

$$0,36 \leq A_H \leq 0,46$$

Умова виконується.

Приймаємо номінальне значення зміщення рівне:  $A_H = 0,41 \pm 0,5$  мм.

## 2.7 Геометричні параметри інструменту

При обробці жароміцного сплаву торцевою (кінцевою) фрезою за [17] приймаємо задній кут  $\alpha = 12^\circ$ , передній кут  $\gamma = 8^\circ$ .

### 3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1 Технологічні умови виготовлення інструменту

- 1) Корпус фрези повинен виготовлятися відповідно до вимог діючого стандарту за робочим кресленням, затвердженим у встановленому порядку;
- 2) Фреза повинна виготовлятися згідно з ГОСТ;
- 3) На робочій поверхні корпусу фрези не повинно бути місць з змниженою твердістю;
- 4) На поверхні корпусу фрези не повинно бути задирок, забоїн, підпалів, викришених місць та слідів корозії;
- 5) Центровий отвір корпусу фрези не повинен мати роздроблених місць та забоїн; [18].

#### 3.2 Базовий технологічний процес

Таблиця 3.1 – Базовий технологічний процес

№	Назва операції	Суть операції
005	Заготівельна	Нарізання прутка на заготовки дисковою пилою
010	Слюсарна	Правка, зняття заусенців
015	Токарна з ЧПК	Токарне оброблення хвостовика
020	Токарна з ЧПК	Токарне оброблення робочої частини
025	Фрезерна з ЧПК	Фрезерування стружковивідних канавок.
030	Фрезерна з ЧПК	Фрезерування пазів під пластини.
035	Свердлильна з ЧПК	Свердління отворів для кріплення пластин. Нарізання різьби.
040	Свердлильна з ЧПК	Свердління отворів для внутрішнього підведення МОР.
045	Свердлильна з ЧПК	Свердління отворів для внутрішнього підведення МОР.

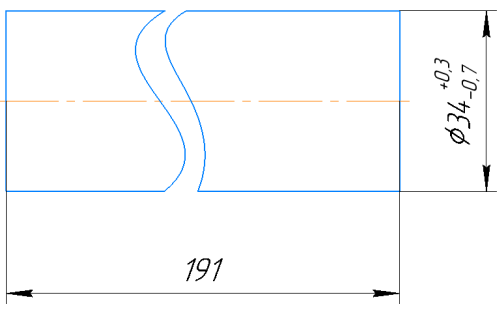


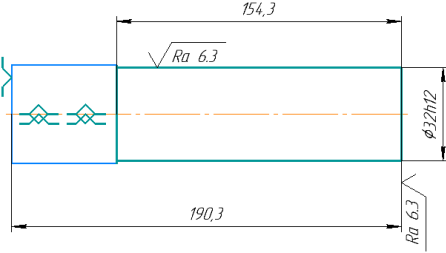
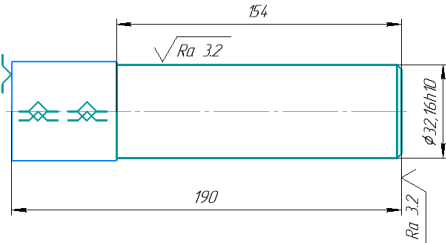
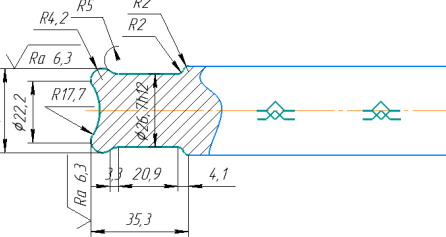
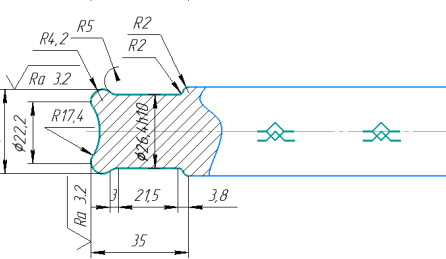
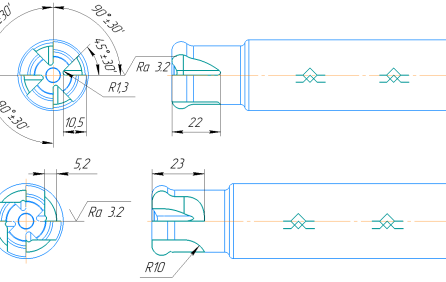
050	Термічне оброблення	Гартування в маслі.
055	Шліфувальна	Попереднє шліфування хвостовика.
060	Шліфувальна	Остаточне шліфування хвостовика
065	Шліфувальна	Шліфування пазів під пластини
070	Хіміко-термічна	Хімічне окислення промаслюванням
075	Маркування	Маркування лазером.
080	Контрольна	Контрольні виміри.
085	Пакувальна	Пакування готової деталі

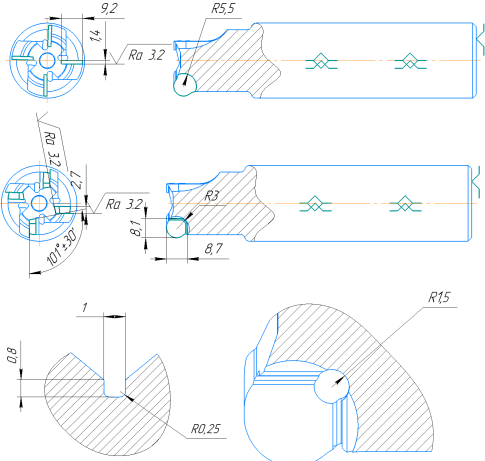
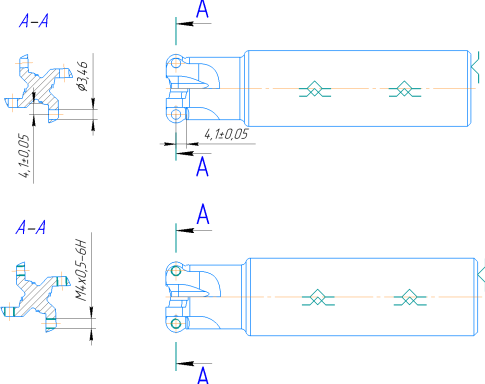
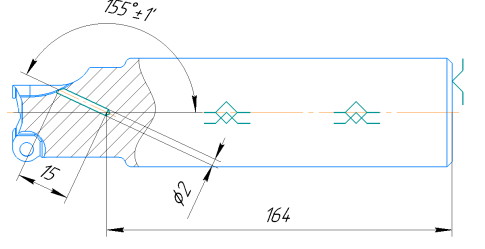
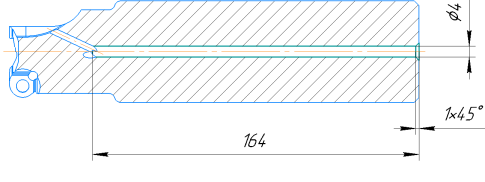
### 3.3 Розроблення технологічного процесу

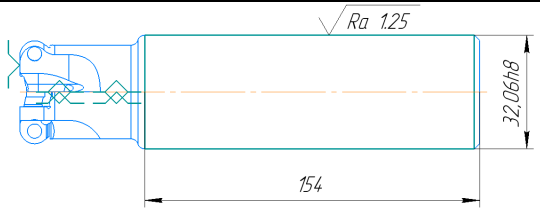
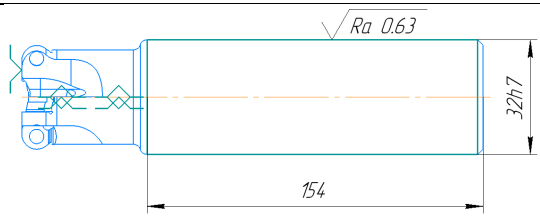
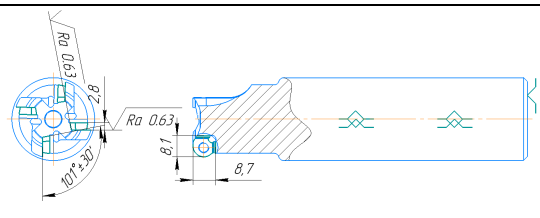
На основі базового технологічного процесу наведеного у таблиці 3.1, та використавши додаткову літературу [19], складаємо технологічний процес виготовлення інструменту – торцева фреза для профільного оброблення.

Таблиця 3.2 – Технологічний процес

Номер операції	Назва та зміст операції	Операційний ескіз	Найменування устаткування та інструменту
005	Заготівельна. Відрізання заготовки корпусу фрези L = 191 , Ø34 мм .		Стрічкова пила по металу JET HVBS-912 Штангенциркуль ГОСТ 166-63
010	Слюсарна. Правка, зняття задирок.		

015	<p>Токарна з ЧПК.</p> <p>1) Точити начорно торець Ø34 у розмір 190.3 мм.</p> <p>2) Точити начисто торець Ø34 у розмір 190 мм.</p> <p>3) Точити начорно зовнішню циліндричну поверхню Ø34 у розмір Ø32.46h12 на довжину 190 мм.</p> <p>4) Точити начисто по контуру зовнішню циліндричну поверхню Ø32.46h12 у розмір Ø32.16h10, фаску 1.5x45°.</p>	 	<p>Токарний верстат з ЧПК DMG ALX 2500</p> <p>Різець токарний прохідний ГОСТ 18878-73 . Т15К6</p> <p>Трикулачковий патрон ГОСТ 2675-80.</p>
020	<p>Токарна з ЧПК.</p> <p>1) Точити начорно торець Ø34 у розмір 189,3 мм.</p> <p>2) Точити начисто торець Ø34 у розмір 189 мм.</p> <p>3) Точити начорно зовнішню циліндричну фасонну поверхню Ø34 у розмір Ø30.6h12/ Ø26.7h12 на довжину 35мм.</p> <p>3) Точити начисто по контуру зовнішню циліндричну фасонну поверхню Ø30.6h12/ Ø26.7h12, витримавши радіуси R2.5, R4.2, R5, R2, R2 на довжину 35 мм.</p> <p>4) Розточувати начорно внутрішню циліндричну фасонну поверхню витримавши радіус R17,7.</p> <p>5) Розточувати начисто внутрішню циліндричну фасонну поверхню витримавши радіус R17,4.</p>	 	<p>Токарний верстат з ЧПК DMG ALX 2500</p> <p>Різець токарний прохідний ГОСТ 18878-73 . Т15К6</p> <p>Трикулачковий патрон ГОСТ 2675-80.</p>
025	<p>Фрезерна з ЧПК.</p> <p>1) Фрезерувати канавку витримавши розміри 10.5мм, R3.2, кут 45°, 22 мм.</p> <p>2) Фрезерувати виступ витримавши розміри 5.2 мм, 23 мм, R10.</p>		<p>Токарно-фрезерний верстат з ЧПК Mazak sqt 10 ms.</p> <p>Фреза дискова фасонна, Трикулачковий патрон, ГОСТ 2678-80.</p>

030	<p>Фрезерна з ЧПК.</p> <p>1) Фрезерувати паз витримавши розміри 1.4 мм, R5.5, 11 мм, 4.2 мм.</p> <p>2) Фрезерувати паз витримавши розміри 4.2 мм, 8.7 мм, 8.1 мм, кут 101°.</p> <p>3) Фрезерувати викружку витримавши розмір R1.5.</p> <p>4) Фрезерувати канавки для виходу шліфувального круга витримавши розміри 1 мм, 0.8 мм, R0.25.</p>		<p>Токарно-фрезерний верстат з ЧПК Mazak sqt 10 ms. Фреза кінцева ГОСТ 17025-71. Трикулачковий патрон, ГОСТ 2678-80.</p>
035	<p>Свердлильна з ЧПК.</p> <p>1) Центрувати отвір під різьбу M4x0.5–6H.</p> <p>2) Свердлити отвір під різьбу M4x0.5–6H наскрізь.</p> <p>3) Зенкувати отвір під різьбу M4x0.5–6H.</p> <p>4) Нарізати різьбу M4x0.5–6H.</p>		<p>Токарно-фрезерний верстат з ЧПК Mazak sqt 10 ms. Трикулачковий патрон, ГОСТ 2678-80. Центрувальне свердло, ГОСТ 14952-75. Спиральне свердло з циліндричним хвостовиком ГОСТ 4010-77. Мітчик ГОСТ 3266-81, M4x0,7.</p>
040	<p>Свердлильна з ЧПК.</p> <p>1) Центрувати 4 отвори Ø2.</p> <p>2) Свердлити 4 отвори Ø2 на довжину 15 мм.</p>		<p>Токарно-фрезерний верстат з ЧПК Mazak sqt 10 ms. Трикулачковий патрон, ГОСТ 2678-80. Свердло ГОСТ 4010-77.</p>
045	<p>Свердлильна з ЧПК</p> <p>1) Центрувати отвір Ø4.</p> <p>2) Свердлити отвір Ø4 на довжину 164 мм.</p> <p>3) Зенкувати отвір Ø4 витримавши розмір 1x45°.</p>		<p>Токарно-фрезерний верстат з ЧПК Mazak sqt 10 ms. Трикулачковий патрон, ГОСТ 2678-80. Свердло ГОСТ 4010-77.</p>
050	Термічне оброблення. Гартування в маслі.		

055	Круглошліфувальна. 1) Шліфувати попередньо зовнішню циліндричну поверхню Ø32.16h10 у розмір Ø32.16h8 на прохід.		Шліфувальний верстат Zenitech DS210J. Круг шліфувальний, ГОСТ 2424-83. Трикулачковий патрон, ГОСТ 2678-80.
060	Круглошліфувальна. 1) Шліфувати остаточно зовнішню циліндричну поверхню Ø32.06h8 у розмір Ø32h7 на прохід.		Шліфувальний верстат Zenitech DS210J. Круг шліфувальний, ГОСТ 2424-83. Трикулачковий патрон, ГОСТ 2678-80.
065	Плоскошліфувальна. 1) Шліфувати пази витримавши розміри 2.8 мм, кут 101°, 8.1 мм, 8.7 мм.		Шліфувальний верстат Zenitech DS210J. Круг шліфувальний, ГОСТ 2424-83. Трикулачковий патрон, ГОСТ 2678-80.
070	Хіміко-термічна. Хімічне окислення промаслюванням.		
075	Маркувальна. Лазерне маркування.		
080	Контрольна. Контрольні виміри.		
085	Пакувальна. Пакування готової деталі.		

### 3.4 Розрахунок припусків на механічне оброблення

Припуском називають шар матеріалу, який усувають з поверхні заготовки з метою досягнення заданих властивостей оброблювальної поверхні [19].

Числове значення припуску визначається різницею між розміром заготовки та розміром деталі згідно з робочим кресленням; припуск задається на сторону. Поняття двостороннього припуски найчастіше відноситься до обробки циліндричних поверхонь і тоді воно рівнозначне поняттю припуску

на діаметр. З іншого боку, числові значення припуску безпосередньо пов'язані з режимом різання при обробці – глибиною різання. Тому вживаними і зручнішими для практичного використання вважають припуски на сторону [19].

Припуск на обробку передбачається можливою неточністю форми та розмірів заготовок, підвищеною шорсткістю їхніх поверхонь, наявністю дефектів у поверхневому шарі. Величину припуску встановлюють залежно від способу отримання заготовки – лиття, штампування, вальцювання та інші, та їх наступної обробки [19].

Припуски поділяють на загальні – які видаляються протягом всього процесу обробки даної поверхні, та міжопераційні, що видаляються при виконанні окремих операцій. Загальний припуск на обробку дорівнює сумі міжопераційних припусків на всіх технологічних операціях. Міжопераційний припуск складається із суми припусків, відведених на чорновий, напівчистовий і чистовий проходи даної операції [19].

Числові значення загального припуску і його розподіл між проходами окремої операції зазвичай здійснюють за нормативними таблицями в залежності від методів отримання заготовок, геометричних форм та конструктивних розмірів деталей, хоча можливим є і розрахунковий метод призначення припуску [19].

На виробництві широко застосовують дослідно-статистичний метод встановлення припусків на обробку. При цьому методі загальні та міжопераційні припуски беруться з таблиць, які складені на основі досвіду передових заводів та підприємств [19].

Заготовку для корпусу фрези отримуємо з сортового прокату, матеріал заготовки – сталь 9ХС ГОСТ 5950-2000.

Розрахунок припусків на зовнішній діаметр фрези Ø32h7. Дана поверхня піддається до операцій чорнового та чистового точіння, а також попереднього та остаточного круглого шліфування.

Як довідник використовуємо літературу [19] для всього розрахунку.

Припуск на чорнове точіння визначається за формулою:

$$2z_{i\ min} = 2[(Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i], \quad (3.1)$$

де  $Rz_{i-1}$  – висота нерівностей профіля на попередньому переході;

$h_{i-1}$  – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

$\Delta_{\Sigma i-1}$  – сумарні відхилення розташування поверхні;

$\varepsilon_i$  – похибка встановлення заготовки[19].

$$Rz_{i-1} = 125 \text{ мкм};$$

$$h_{i-1} = 150 \text{ мкм};$$

$$\text{Похибка закріплення } \varepsilon_3 = 130 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{\text{заг}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} = \sqrt{0^2 + 130^2} = 130 \text{ мкм}; \quad (3.2)$$

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_K \cdot l = 0,6 \cdot 192 = 115 \text{ мкм}, \quad (3.3)$$

де  $\Delta_K$  – питома кривизна заготовки;

$$\Delta_i = \Delta_{\Sigma} \cdot K_y, \quad (3.4)$$

$$\text{де } K_y^{\text{Т.чорн.}} = 0,06;$$

$$K_y^{\text{Т.чист.}} = 0,04;$$

$$K_y^{\text{Ш.чорн.}} = 0,03;$$

$$K_y^{\text{Ш.чист.}} = 0,02;$$

$$\Delta^T_{\text{чорн.}} = 115 \cdot 0,06 = 6,9 \text{ мкм};$$

$$\Delta^T_{\text{чист.}} = 115 \cdot 0,04 = 4,6 \text{ мкм};$$

$$\Delta^{\text{Ш}}_{\text{чорн.}} = 115 \cdot 0,03 = 3,5 \text{ мкм};$$

$$\Delta^{\text{Ш}}_{\text{чист.}} = 115 \cdot 0,02 = 2,3 \text{ мкм};$$

Розраховуємо припуски за формулою [19]:

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \left[ (Rz + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta^2 \sum i - 1 + \varepsilon_i^2} \right] \quad (3.5)$$

Таблиця 3.3 – Розрахунок припусків

Переходи	Елементи припуску, мкм				$2Z_{\min}$ , мкм	Розрахунковий діаметр $d_p$ , мм	Т, мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мкм	
	Rz	h	$\Delta$	$\varepsilon$				$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Заготовка	125	150	115	-	-	33,332	1000	33,332	34,332	-	-
Точіння чорнове	63	60	6,9	130	897	32,435	250	32,435	32,685	1647	897
Точіння чистове	32	30	4,6	-	260	32,175	100	32,175	32,275	410	260
Шліфування чорнове	10	20	3,5	-	133	32,042	62	32,042	32,104	171	133
Шліфування чистове	6,3	12	2,3	-	67	31,975	25	31,975	32	104	67
										2332	1357

$$2Z^T \cdot \min_{\text{чорн.}} = 2 \left[ 125 + 150 + \sqrt{115^2 + 130^2} \right] = 897 \text{ мкм};$$

$$2Z^T \cdot \min_{\text{чист.}} = 2 \left[ 63 + 60 + \sqrt{6,9^2} \right] = 260 \text{ мкм};$$

$$2Z^{\text{Ш}} \cdot \min_{\text{чорн.}} = 2 \left[ 32 + 30 + \sqrt{4,6^2} \right] = 133 \text{ мкм};$$

$$2Z^{\text{Ш}} \cdot \min_{\text{чист.}} = 2 \left[ 10 + 20 + \sqrt{3,5^2} \right] = 67 \text{ мкм};$$

$$d_p^{\text{Ш}} \cdot \text{чист.} = D - T = 32 - 0,25 = 31,975 \text{ мм};$$

$$d_p^i = d_p^{i+1} + Z_{\min}^{i+1};$$

$$d_p^{\text{ш.чорн.}} = 31,975 + 0,067 = 32,042 \text{ мм};$$

$$d_p^{\text{Т.чист.}} = 32,042 + 0,133 = 32,175 \text{ мм};$$

$$d_p^{\text{Т.чорн.}} = 32,175 + 0,26 = 32,435 \text{ мм};$$

$$d_{\text{рзагот.}} = 32,435 + 0,897 = 33,332 \text{ мм};$$

$$2Z^{\text{Т.}} \max_{\text{чорн.}} = 34,322 - 32,685 = 1,647 \text{ мм} = 1647 \text{ мкм};$$

$$2Z^{\text{Т.}} \max_{\text{чист.}} = 32,685 - 32,275 = 0,41 \text{ мм} = 410 \text{ мкм};$$

$$2Z^{\text{Т.}} \max_{\text{чорн.}} = 32,275 - 32,104 = 0,171 \text{ мм} = 171 \text{ мкм};$$

$$2Z^{\text{Т.}} \max_{\text{чорн.}} = 32,104 - 32 = 0,104 \text{ мм} = 104 \text{ мкм};$$

Перевіряємо за формулою [19]:

$$TD_3 - TD_d = 2Z^0 \max - 2Z^0 \min; \quad (3.6)$$

$$1000 - 25 = 2332 - 1357$$

$$975 = 975$$

### 3.5 Розрахунок режимів різання

Скориставшись методикою розрахунку режимів різання з літератури [19], розрахуємо режими різання на певні переходи технологічного процесу виготовлення торцевої фрези для профільного оброблення.

Аналітичний метод розрахунку режимів різання.

Розрахуємо режими різання на другий перехід операції 015 Токарна з ЧПК.

Обробка виконується на токарному верстаті з числовим-програмним керуванням DMG ALX 2500.

Оброблювальний матеріал – Сталь 9ХС.



Інструмент – токарно прохідний різець прямий з пластиною з твердого сплаву, ГОСТ 18884-73 Т15К6.

Глибина різання –  $t = 0,77$  мм.

Подачу визначаємо згідно з табличних даних [19]:

$$S = 0,5 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання,  $v$ , м/хв [19]:

$$v = \frac{C_v}{T^{m_t} S^y} K_v, \quad (3.7)$$

де  $C_v = 350$  – коефіцієнт, що враховує умови різання;

$T = 120$  хв. – період стійкості інструменту;

$S$  – подача, мм/об;

$K_v$  – коригувальний коефіцієнт;

$m$ ,  $x$ ,  $y$  – показники степеня.

$M = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,35$ ;

Коригувальний коефіцієнт визначається за наступною формулою [19]:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (3.8)$$

де  $K_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки;

$K_{nv} = 0,9$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки;

$K_{uv} = 1$  – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструменту [19];

Коефіцієнт  $K_{mv}$  розраховується за формулою [19]:

$$K_{mv} = K_\Gamma \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (3.9)$$

де  $K_\Gamma = 1$  – коефіцієнт, що характеризує групу сталі по оброблюваності;

$n_v = 1$ ;

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{790}\right)^1 = 0,95;$$

$$K_v = 0,95 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,86;$$

$$v = \frac{350}{120^{0,2} \cdot 0,8^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,86 = 152,3 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя  $n$  [19]:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 152,3}{3,14 \cdot 34} = 1427 \text{ об/хв.} \quad (3.10)$$

Потужність різання [19]:

$$N_{\text{різ.}} = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, \quad (3.11)$$

де  $P_z$  – сила різання.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p; \quad (3.12)$$

де  $C_p = 300$ ;

$x = 1$ ;

$y = 0,75$ ;

$n = -0,15$ .

Поправочний коефіцієнт  $K_p$  знаходиться за формулою [19]:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (3.13)$$

Значення коефіцієнтів обираємо з таблиць [19]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{790}{750}\right)^{0,75} = 1,04; \quad (3.14)$$

$n = 0,75$ ;

$K_{\varphi p} = 0,94$ ;

$K_{\gamma p} = 1,1$ ;

$$K_{\lambda p} = 1;$$

$$K_{rp} = 0,93;$$

Тоді:

$$K_p = 1,04 \cdot 0,94 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 1;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,8^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 152,3^{-0,15} \cdot 1 = 672 \text{ Н};$$

$$N_{\text{різ.}} = \frac{672 \cdot 152,3}{1020 \cdot 60} = 1,67 \text{ кВт.}$$

Таблиця 3.4 – Режими різання

№ Операції	Зміст переходу	$t$ , мм	$S$ , мм/об	$V$ , м/хв	$n$ , об/хв	$N$ , кВт	$T_o$ , хв
015	1. Точити торець начорно Ø34 у розмір 190,3 мм.	0,7	0,5	152,3	1427	2,31	0,01
015	2. Точити торець начисто Ø34 у розмір 190 мм.	0,3	0,35	258,6	2421	1,3	0,01
015	3. Точити начорно зовнішню циліндричну поверхню Ø34 у розмір Ø32.46h12 на довжину 190 мм.	0,77	0,5	152,3	1427	2,53	0,27
015	4. Точити начисто по контуру зовнішню циліндричну поверхню Ø32.46h12 у розмір Ø32.16h10, фаску 1.5x45°.	0,15	0,35	258,6	2536	0,65	0,22
020	1. Точити начорно торець Ø34 у розмір 189,3 мм.	0,7	0,5	152,3	1427	2,31	0,01
020	2. Точити начисто торець Ø34 у розмір 189 мм.	0,3	0,35	258,6	2536	1,3	0,01
020	3. Точити начорно зовнішню циліндричну фасонну поверхню Ø34 у розмір Ø30.6h12/ Ø26.7h12 на довжину 35мм.	0,77	0,5	152,3	1427	2,53	0,44

020	4. Точити начисто по контуру зовнішню циліндричну фасонну поверхню Ø30.6h12/ Ø26.7h12, витримавши радіуси R2.5, R4.2, R5, R2, R2 на довжину 35 мм.	0,15	0,35	258,6	2536	0,65	0,05
020	5. Розточувати начорно внутрішню циліндричну фасонну поверхню витримавши радіус R17,7.	0,5	0,5	152,3	2424	1,64	0,05
020	6. Розточувати начисто внутрішню циліндричну фасонну поверхню витримавши радіус R17,4.	0,15	0,35	156	2483	0,39	0,01
025	1. Фрезерувати канавку витримавши розміри 10.5мм, R3.2, кут 45°, 22 мм.	2	1,8	37	268	0,71	0,6
025	2. Фрезерувати виступ витримавши розміри 5.2 мм, 23 мм, R10.	2	0,45	28	891	0,26	1,52
030	1. Фрезерувати паз витримавши розміри 1.4 мм, R5.5, 11 мм, 4.2 мм.	0,5	0,1	16	1019	0,23	0,16
030	2. Фрезерувати паз витримавши розміри 4.2 мм, 8.7 мм, 8.1 мм, кут 101°.	0,3	0,1	16	1698	0,15	0,33
035	1. Центрувати отвір під різьбу M4x0.5–6H.	1	0,14	11,2	1783	0,1	0,04
035	2. Свердлити отвір під різьбу M4x0.5–6H наскрізь.	1,75	0,07	25,2	2292	0,16	0,12
035	3. Зенкувати отвір під різьбу M4x0.5–6H.	0,5	0,14	11,2	2005	0,14	0,09
035	4. Нарізати різьбу M4x0.5–6H.	0,27	1,25	7,4	589	0,18	0,2
040	1. Центрувати отвір Ø2.	0,5	0,14	7,5	2387	0,08	0,04

040	2. Свердлити отвір Ø2 на довжину 15 мм.	1	0,07	18	2865	0,09	0,12
045	1. Центрувати отвір Ø4.	1	0,14	11,2	1783	0,1	0,04
045	2. Свердлити отвір Ø4 на довжину 164 мм.	2	0,04	25,2	2005	0,18	1,15
045	3. Зенкувати отвір Ø4 витримавши розмір 1x45°.	1	0,14	11,2	2005	0,28	0,15
055	1. Шліфувати попередньо зовнішню циліндричну поверхню Ø32.16h10 у розмір Ø32.16h8 на прохід.	0,035	0,125	$V_z = 20$	$V_k = 30$ м/с	0,59	0,2
060	1. Шліфувати остаточно зовнішню циліндричну поверхню Ø32.06h8 у розмір Ø32h7 на прохід.	0,017	0,125	$V_z = 30$	$V_k = 30$ м/с	0,5	0,35
065	1. Шліфувати пази витримавши розміри 2.8 мм, кут 101°, 8.1 мм, 8.7 мм.	0,015 0,03	0,08	35	-	0,32	1,05

### 3.6 Розрахунок операційного часу

Основний час [19]:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (3.15)$$

де  $I = 1$  – кількість проходів;

$L = L_{xb} + D/2 + y + \Delta$  мм – довжина проходу різця;

$$y = t \cdot \operatorname{tg} \varphi = 0,8 \cdot \operatorname{tg} 60^\circ = 1,7 \text{ мм};$$

$$\Delta = 2 \text{ мм};$$

$$L = 152 + 17 + 1,7 + 2 = 172,7 \text{ мм}.$$

$$T_o = \frac{172,7 \cdot 1}{1427 \cdot 0,5} = 0,24 \text{ хв}.$$

## **4 ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ**

### **4.1 Призначення технологічного оснащення**

Даний пристрій призначено для встановлення та закріплення деталі «Кришка» при обробці у ній профільної криволінійної поверхні на фрезерному верстаті з ЧПК Naas VF3 універсальною торцевою фрезою зі змінними круглими пластинками для профільного оброблення.

Пристрій підвищує продуктивність праці, тому що зменшується норма часу на операцію внаслідок скорочення допоміжного часу встановлення та закріплення деталі, а також допоміжного часу, пов'язаного з переходом, а також підвищує точність механічної обробки, культуру виробництва і безпеку праці.

Пристрій двомісний.

### **4.2 Будова та принцип роботи пристрою**

Будова:

Пристрій складається з корпусу (2), на якому розташовані чотири установочні пластини (3) і дві призми (7), затискним механізмом служить гідроциліндр (1), шток якого з'єднаний з тягою (8), до якої кріпиться прихват (5), на тязі (8) встановлена пружина (6).

Принцип дії:

Пристрій працює наступним чином: на установочні пластинки (3) та в призми (7) встановлюються дві оброблювані деталі (4). Прижим заготовки здійснюється зверху за допомогою прихват (5), який з'єднаний з штоком

гідроциліндра (1) тягою (8). Для підводу робочої рідини в робочу порожнину гідроциліндра потрібно повернути розподільний кран, після чого буде здійснений затиск деталей.

Після обробки отворів потрібно повернути рукоятку розподільного крана, після чого робоча рідина подається в нижню порожнину гідропривода пристрою, при цьому поршень з штоком і прихватом (4) переміщуються вгору і забезпечують розтиск деталей. Потім потрібно зняти оброблені деталі з пристрою.

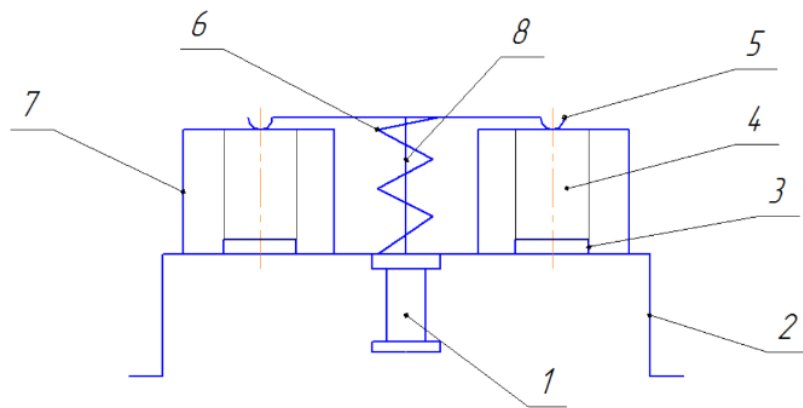


Рисунок 4.1 – Принципова схема пристрою

### 4.3 Схема базування заготовки

Базування – це надання заготівці перед її механічної обробкою потрібного положення відносно різального інструменту. Заготовки, як відомо, перед обробкою встановлюють у пристроях. При обробці партії заготовок потрібно, щоб кожна наступна заготовка розташовувалась у пристрої так само, як і попередня. Це необхідно для того, щоб після обробки усі деталі мали однакові розміри [20].

Повним називається базування, при якому деталь позбавляється шести ступенів рухомості: трьох, пов'язаних з переміщення вздовж трьох взаємно

перпендикулярних осей координат  $OX$ ,  $OY$ ,  $OZ$  трьох пов'язаних з можливим її поворотом відносно цих осей [20].

Заготовки встановлюються у робочі позиції на 6 опорних точках, тобто позбавляються шести ступенів рухомості [20].

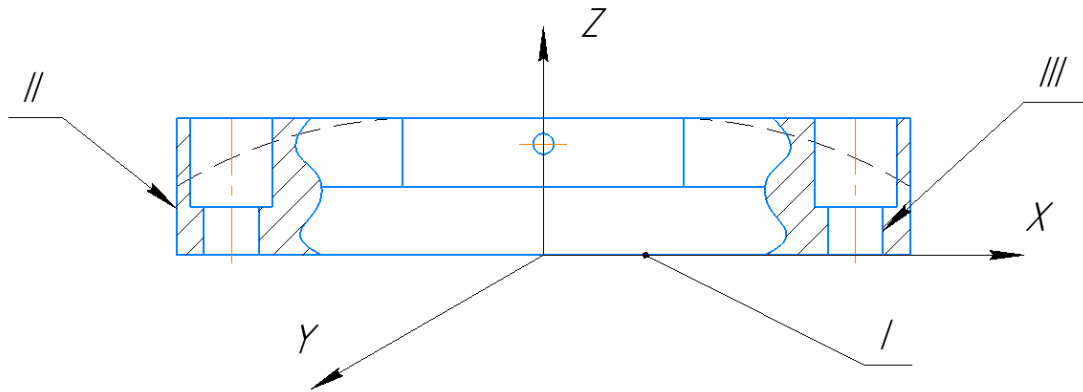


Рисунок 4.2 – Вибір комплекту баз

У даному випадку деталь буде позбавлена 6 ступенів рухомості.

$I$  – установча база, котра позбавляє заготівку трьох ступенів рухомості: руху вздовж вісі  $OZ$  та обертання навколо  $OX$  і  $OY$ .

$II$  – подвійна опорна база, котра позбавляє заготівку двох ступенів рухомості: пересування вздовж вісі  $OX$  та вісі  $OY$ .

$III$  – опорна база, котра позбавляє заготівку обертання навколо вісі  $OZ$ .

#### 4.4 Обчислення похибки базування

Похибка симетричності профілю фасонної поверхні відносно вісі  $A$  деталі буде рівною 0, тому що деталь базується в призмі і вісь завжди буде залишатись на своєму місці (рис. 4.3).



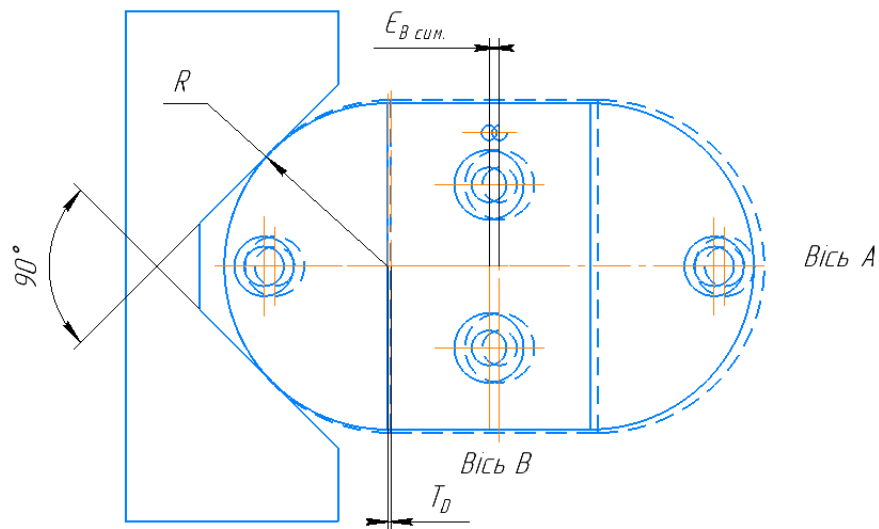


Рисунок 4.3 – Обчислення похибки базування

Похибка симетричності профілю фасонної поверхні відносно вісі В деталі буде визначатись за формулою:

$$\varepsilon_{В \text{ сим.}} = 0,5 \cdot T_D \cdot \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} = 0,5 \cdot 0,74 \cdot \frac{1}{\sin 45^\circ} = 0,523 \text{ мм}$$

## 4.5 Розрахунок зусилля затиску заготовки

### 4.5.1 Розрахунок режимів різання

Вихідні дані:

Матеріал оброблювальної заготовки – ЖС6Ф;

Межа міцності матеріалу заготовки –  $\sigma_b = 900 \text{ МПа}$ ;

Ширина оброблювальної поверхні заготовки,  $B = 35 \text{ мм}$ ;

Довжина оброблювальної поверхні заготовки,  $L = 35 \text{ мм}$ ;

Тип верстату – фрезерний верстат з ЧПК Haas VF3;

Перехід 1: Чорнове оброблення фасонної профільної поверхні;

Перехід 2: Напівчистове оброблення фасонної профільної поверхні.

Розраховуємо перехід №1

Приймаємо глибину різання:  $t = 1$  мм.

Режими різання обираємо за літературою [21]:

$S_z = 0.25$  мм – подача на зуб;

$V = 30$  м/хв – швидкість різання;

$n = 435$  об/хв – частота обертання;

$S_{\text{хв}} = 435$  мм/хв – подача хвилинна;

$N = 1,5$  кВт – потужність різання.

Силу різання визначаємо за формулою:

$$P_z = \frac{1020 \cdot 60 \cdot N}{V} = \frac{1020 \cdot 60 \cdot 1,5}{30} = 3060 \text{ Н.}$$

Крутний момент визначаємо за формулою:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{3060 \cdot 22}{2 \cdot 1000} = 336,6 \text{ Нм.}$$

#### 4.5.2 Розрахунок потрібної сили затиску

На заготовку діє два фактори:

- Зсувний,  $P_z$  – сила різання від ріжучого інструменту;
- Утримуючий,  $P_{\text{утр.}}$  – сила утримуюча від гідроциліндру.

Сила затиску розраховується за формулою (без урахування моменту третя під прихватом):

$$W_3 = \frac{K \cdot P_z}{0.33 \cdot f \cdot \left( \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right)} = \frac{3,06 \cdot 3060}{0.33 \cdot 0.16 \cdot \left( \frac{40^3 - 14.5^3}{40^2 - 14.5^2} \right)} = 4043 \text{ Н,}$$

де  $P_z = 3060$  Н – сила різання, що виникає при обробці;

$f_T = 0.8$  – коефіцієнт тертя на робочій поверхні кулачків;

$K_{\text{зап}} = 3.06$  – коефіцієнт запусу міцності.

Коефіцієнт запасу міцності визначається як:

$$K_{\text{зап}} = k_0 k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6 = 3.06, \quad (4.2)$$

де  $k_0 = 1.5$  – гарантований коефіцієнт запасу;

$k_1 = 1.2$  – коефіцієнт, що враховує наявність випадкових нерівностей на поверхні заготовки;

$k_2 = 1.7$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при затупленні інструменту;

$k_3 = 1$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при переривистому різанні;

$k_4 = 1$  – коефіцієнт, що враховує постійність сил затиску;

$k_5 = 1$  – коефіцієнт, що враховує зручність розташування рукояток в ручних затискних пристосуваннях;

$k_6 = 1$  – коефіцієнт, що враховує наявність моментів, що намагаються повернути заготовку.

#### 4.6 Розрахунок основних параметрів затискного механізму

Розрахуємо діаметр поршня за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W_3}{\pi \cdot \eta \cdot p \cdot 0.75}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8086}{3.14 \cdot 0.9 \cdot 10 \cdot 0.75}} = 55.2 \text{ мм},$$

де,  $W_3$  - сила затиску;

$p$  - тиск у гідро мережі;

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії.

Приймаємо  $p = 10 \text{ МПа}$ ,  $\eta = 0.9$ .

За ГОСТ 6540-68 приймаємо гідроциліндр який має розміри:

$D = 63 \text{ мм}$ ,  $d = 32 \text{ мм}$ .

Розраховуємо дійсну силу затиску на штоку за формулою:

$$W_{3,д} = 0.785 \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta = 0.785 \cdot (63^2 - 32^2) \cdot 10 \cdot 0.9 = 10403 \text{ Н}$$

## 5 РОЗДІЛ ОБРОБКИ З ЧПК

### 5.1 Створення необхідних 3D моделей

В даному розділі для створення керуючої програми та циклограми руху інструменту, а також для підготовки операції до обробки на верстаті з ЧПК було обрано токарне оброблення корпусу фрези, а саме операції 015 Токарна з ЧПК та 020 Токарна з ЧПК.

Для виконання даного розділу було обрано наступні програми “SolidWorks 2017”, для створення 3D моделей, які нам будуть необхідні та “Autodesk Fusion 360” для моделювання обробки та створення керуючої програми.

Спочатку необхідно створити заготовку (рис. 5.1) та деталі які ми отримаємо в ході даної операції (рис. 5.2, 5.3) за розмірами розрахованими в третьому розділі даного проекту.

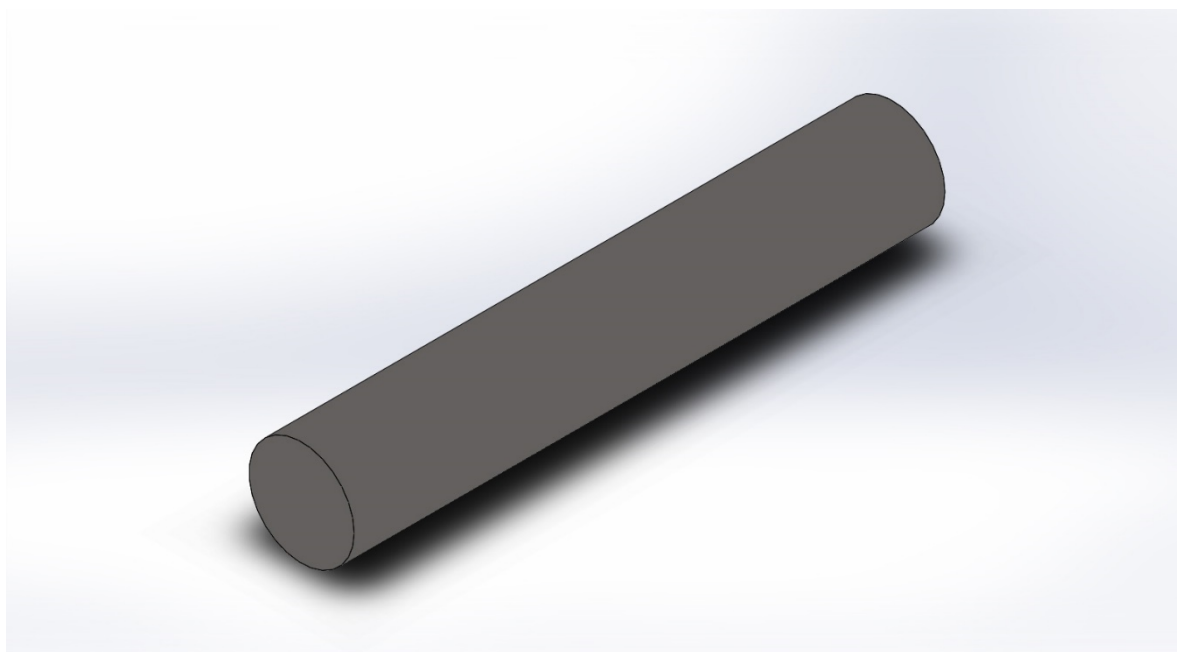


Рисунок 5.1 – Заготовка, пруток Ø34 мм та довжиною 191 мм

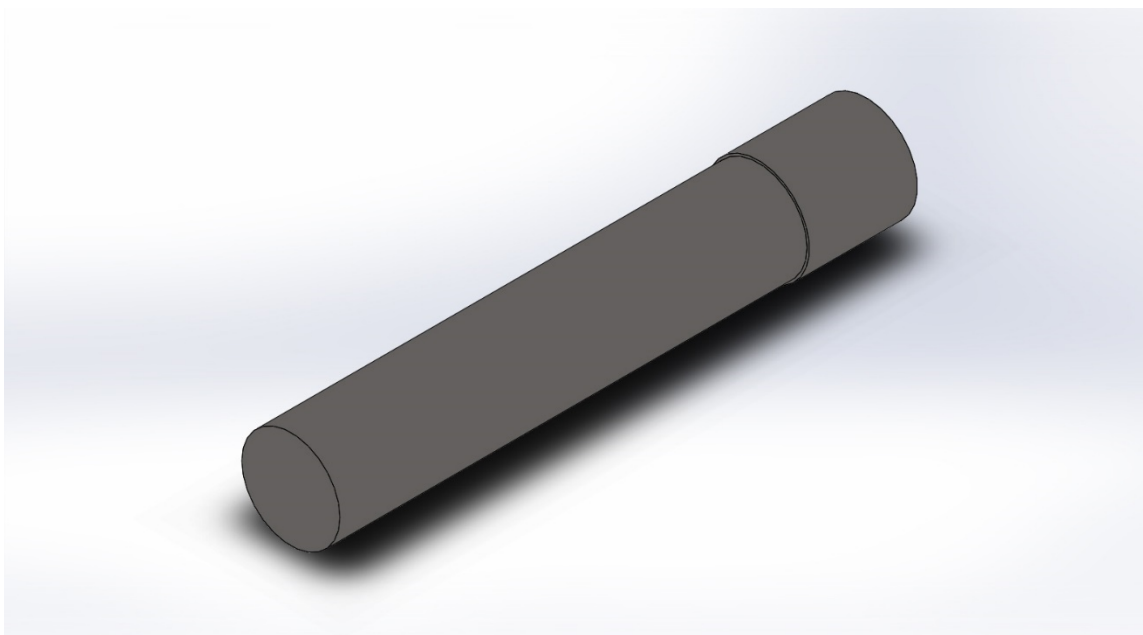


Рисунок 5.2 – Вигляд деталі після першого переходу операції 015 Токарна з ЧПК

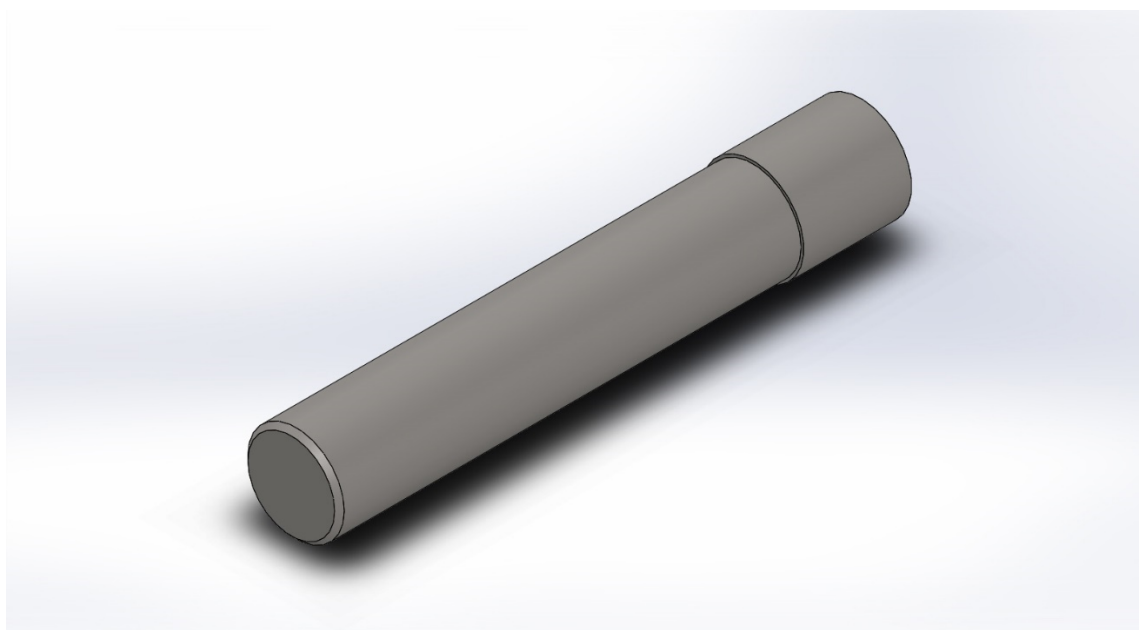


Рисунок 5.3 – Вигляд деталі після другого переходу операції 015 Токарна з ЧПК

Після того, як були створені моделі, необхідно задати їм матеріал, в нашому випадку – Сталь 9ХС. На цьому етапі робота в програмі “SolidWorks 2017” закінчена і дані моделі завантажуються в “Autodesk Fusion 360”.

## 5.2 Операція 015 Токарна з ЧПК

Перший перехід даної операції – чорнове підрізання торця у розмір 190.3 мм та чорнове точіння зовнішньої циліндричної поверхні Ø34 у розмір Ø32,46h12. Спочатку необхідно з'єднати модель заготовки та деталі, яку ми отримуємо в результаті операції 015 Токарна з ЧПК (рис. 5.4).

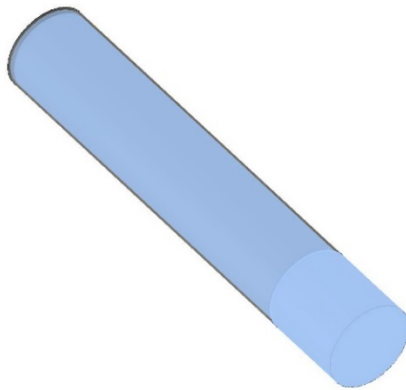


Рисунок 5.4 – Голубим кольором деталь, сірим заготовка

Після того коло дві моделі з'єднані переходим у розділ “Manufacture” і створюємо “Setup” (рис. 5.5). В вікні яке з'явилося, обираємо вид обробки – точіння, модель необхідної нам деталі, положення робочої системи координат та довжину заготовки, за яку вона буде кріпитись в патроні, далі обираємо модель необхідної нам заготовки.

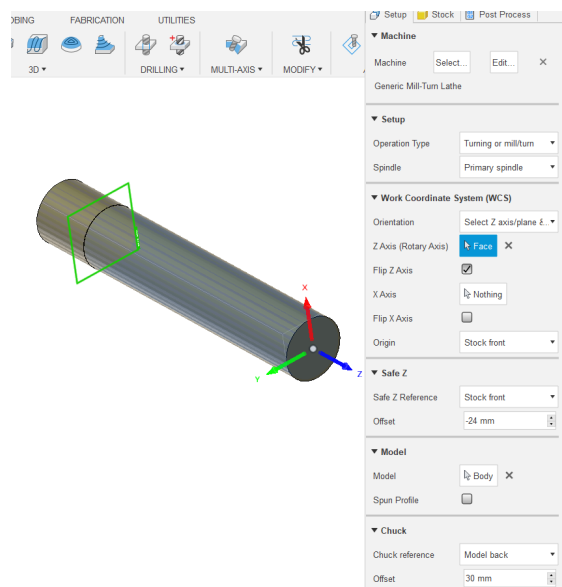


Рисунок 5.5 – Setup на операцію 015 Токарна з ЧПК

Тепер коли Setup уже створений можна переходити до моделювання процесу обробки. За технологічним процесом спочатку виконуємо підрізання торцю (рис. 5.6), після чого чорнове точіння хвостовика (рис. 5.7), останній перехід чистове точіння хвостовика по контуру (рис. 5.8). Також в програмі ми можете подивитись циклограму руху інструменту (рис. 5.9) Під час створення даного переходу, обираєм необхідний нам інструмент (рис. 5.10, 5.11) та задаємо режими різання.

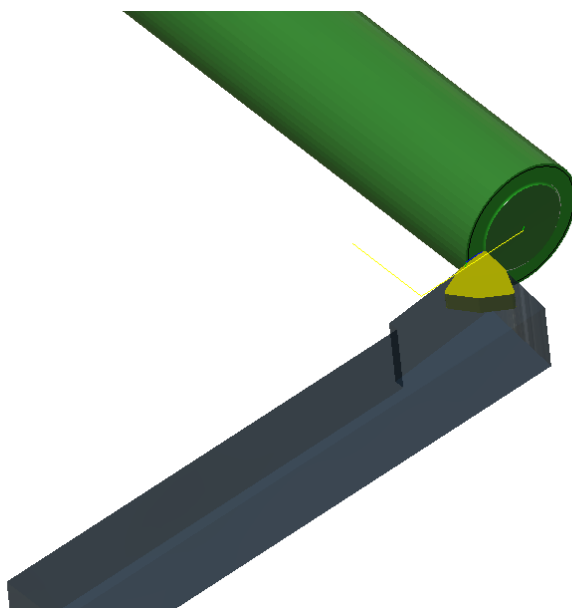


Рисунок 5.6 – Підрізання торцю

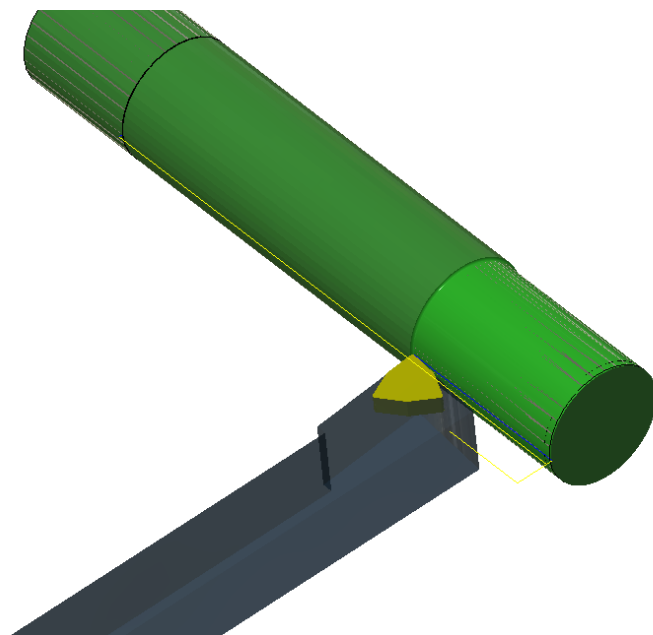


Рисунок 5.7 – Чорнове точіння хвостовика

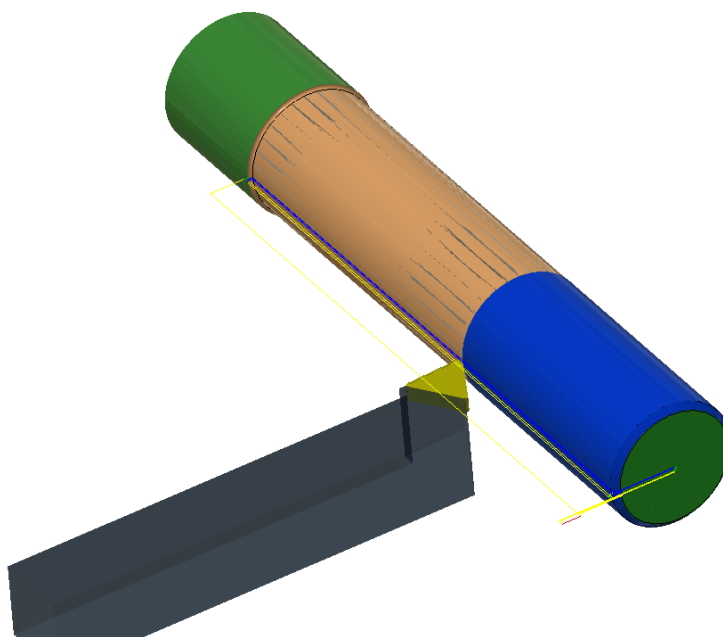


Рисунок 5.8 – Чистове точіння по контуру хвостовика

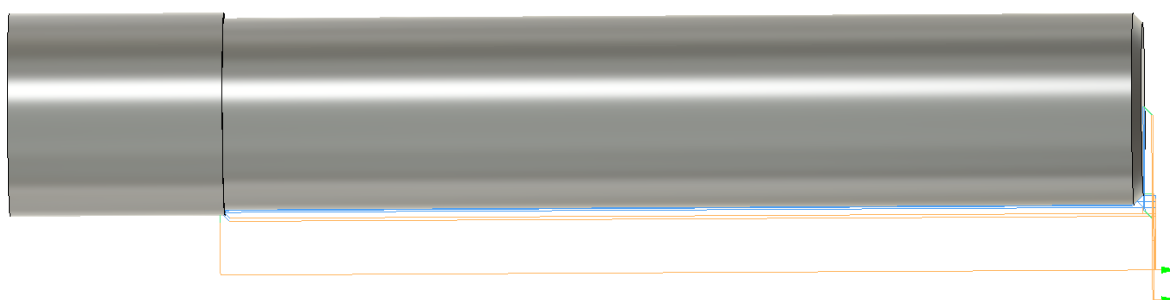


Рисунок 5.9 – Циклограма руху інструменту операції 015 Токарна з ЧПК

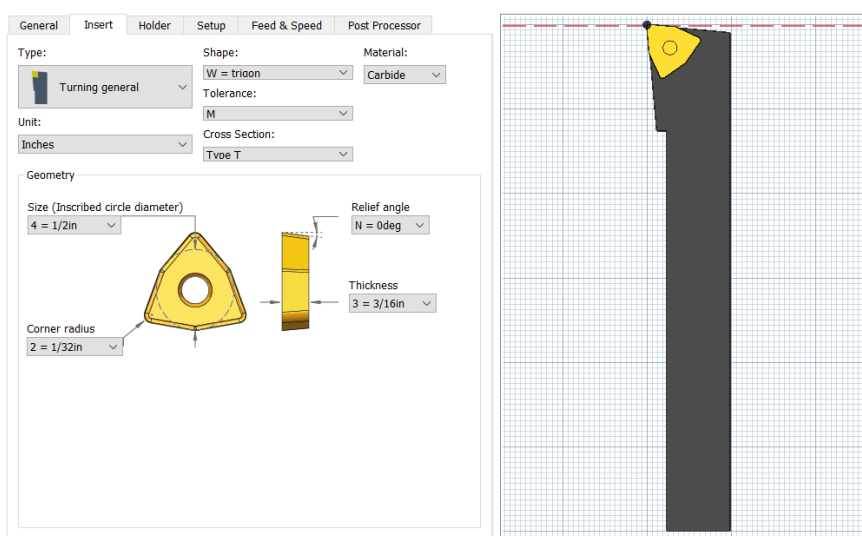


Рисунок 5.10 – Вибір різця, його форми, форми пластинок та геометричних параметрів



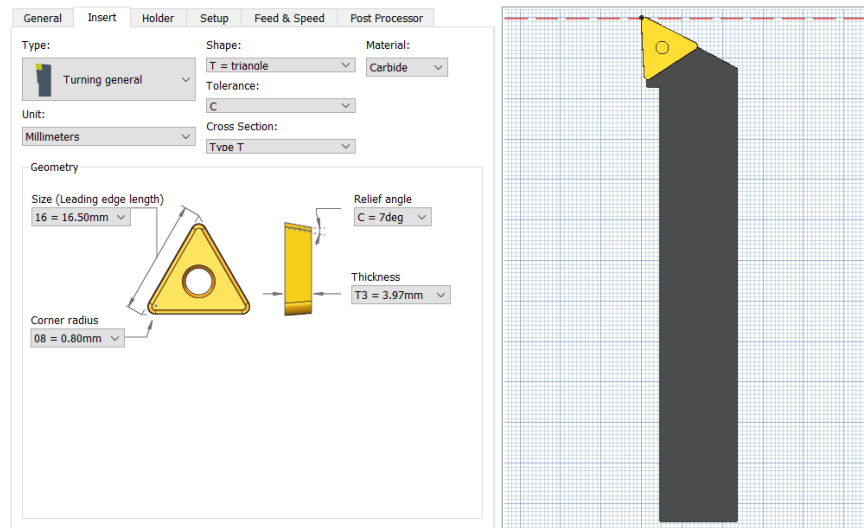


Рисунок 5.11 – Вибір різця, його форми, форми пластини та геометричних параметрів

### 5.3 Операція 020 Токарна з ЧПК

В тій же послідовності створюємо другу операцію 020 Токарна з ЧПК, спочатку обираємо заготовку та деталь, положення системи координат, після чого обираємо необхідний нам вид обробки, а саме чистове точіння хвостовика по контуру: торець, фаска, циліндрична поверхня. Задаємо режимі різання та обираємо інструмент і отримуємо симуляцію процесу обробки.

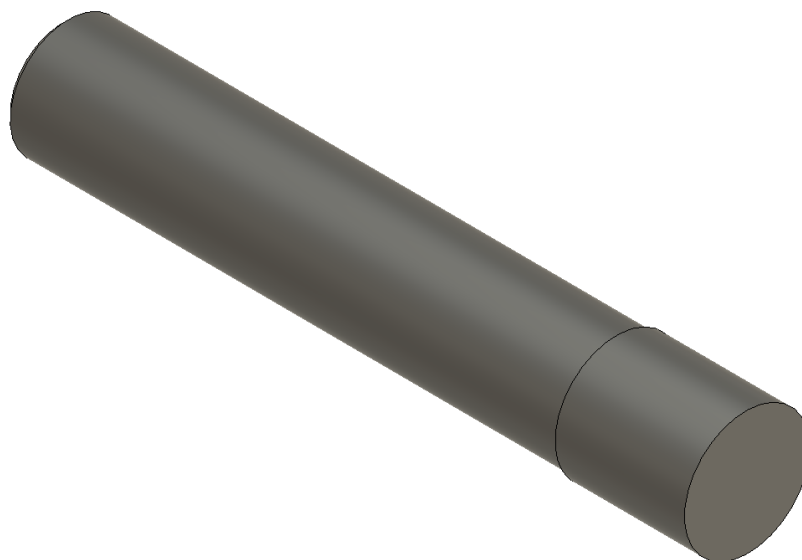


Рисунок 5.12 – Вигляд заготовки на операцію 020 Токарна з ЧПК

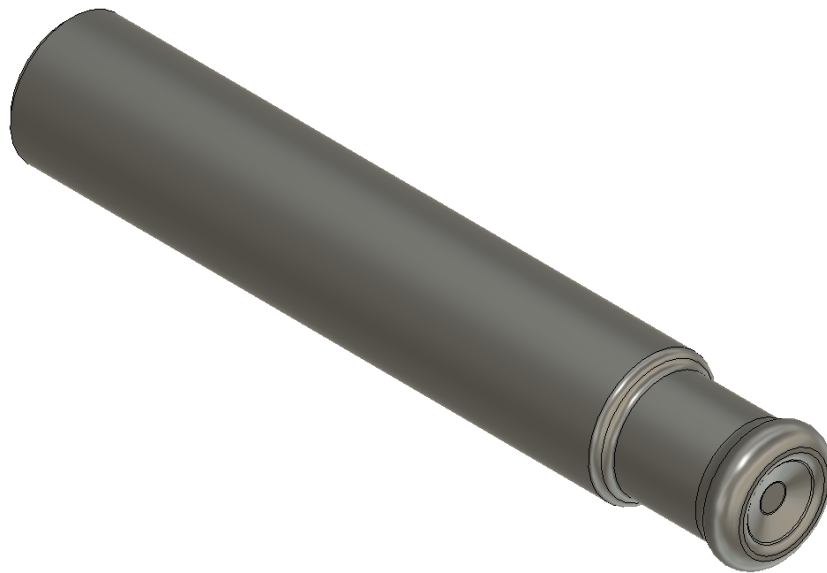


Рисунок 5.13 – Вигляд деталі отриманої на операції 020 Токарна з ЧПК

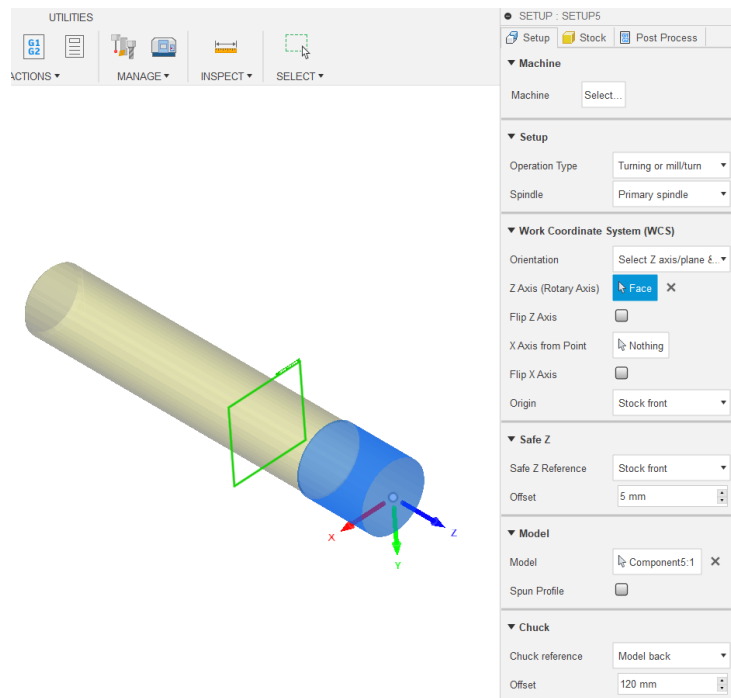


Рисунок 5.14 – Setup на операцію 020 Токарна з ЧПК

Послідовність обробки на операції 020 Токарна з ЧПК наступна:

- точити начорно торець  $\varnothing 34$  у розмір 189,3 мм (рис. 5.15);
- точити начисто торець  $\varnothing 34$  у розмір 189 мм (рис. 5.15);
- точити начорно зовнішню циліндричну фасонну поверхню  $\varnothing 34$  у розмір  $\varnothing 30.6h12 / \varnothing 26.7h12$  на довжину 35мм (рис. 5.16);

- точити начисто по контуру зовнішню циліндричну фасонну поверхню  $\varnothing 30.6h12 / \varnothing 26.7h12$ , витримавши радіуси R2.5, R4.2, R5, R2, R2 на довжину 35 мм (рис. 5.17);
- розточувати начорно внутрішню циліндричну фасонну поверхню витримавши радіус R17,7 (рис. 5.18);
- розточувати начисто внутрішню циліндричну фасонну поверхню витримавши радіус R17,4 (рис. 5.18).

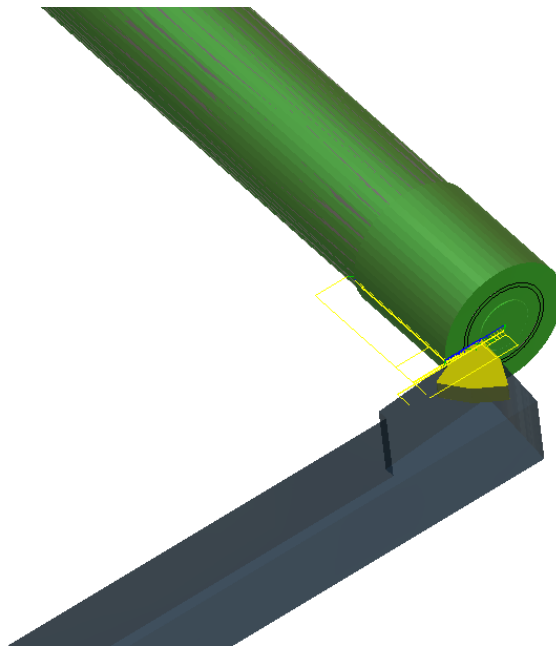


Рисунок 5.15 – Чорнове та чистове підрізання торцю

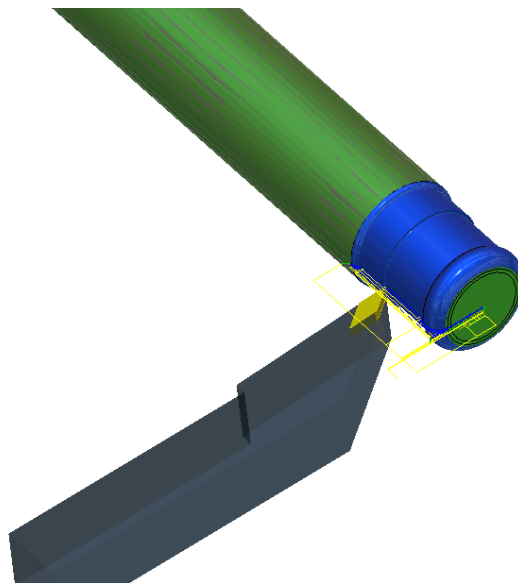


Рисунок 5.16 – Чорнове точіння зовнішньої фасонної циліндричної поверхні

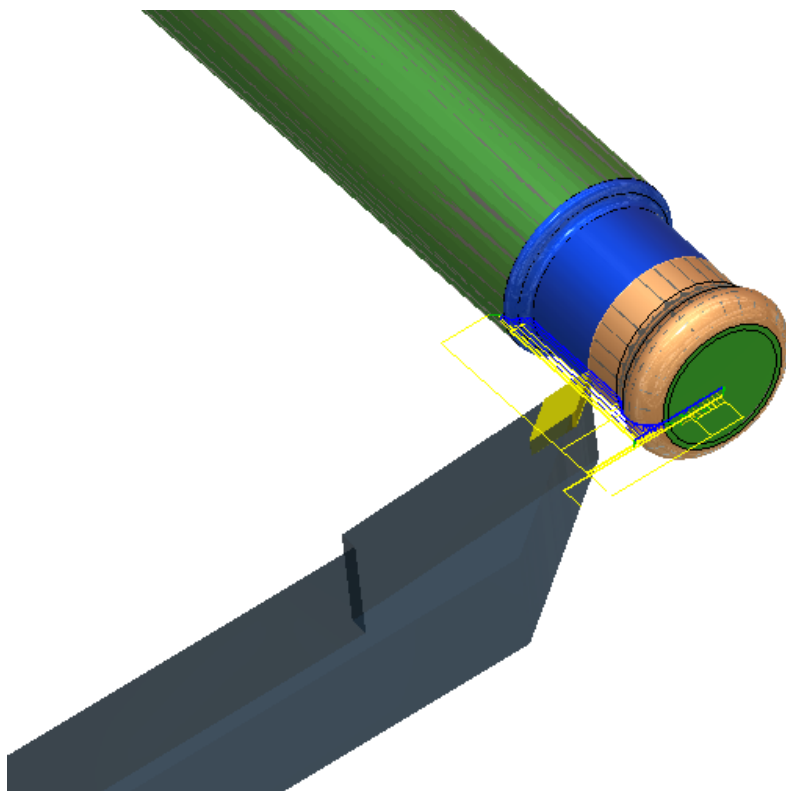


Рисунок 5.17 – Чистове точіння зовнішньої фасонної циліндричної поверхні

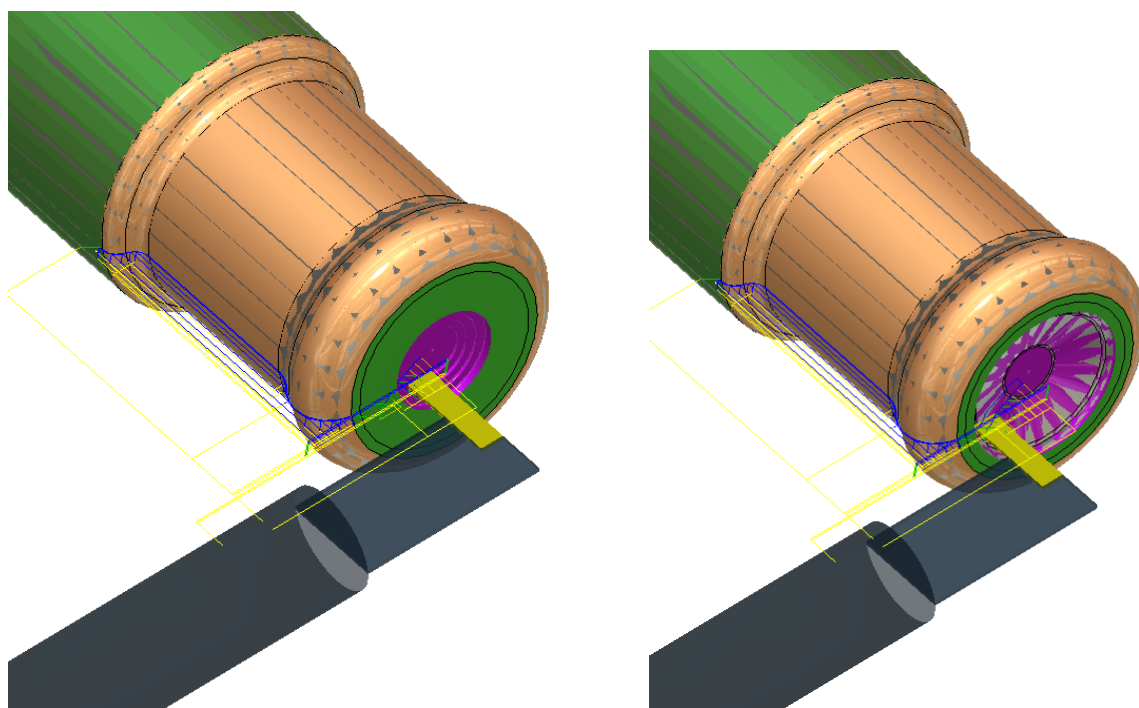


Рисунок 5.18 – Чорнове та чорнове розточування внутрішньої фасонної циліндричної поверхні

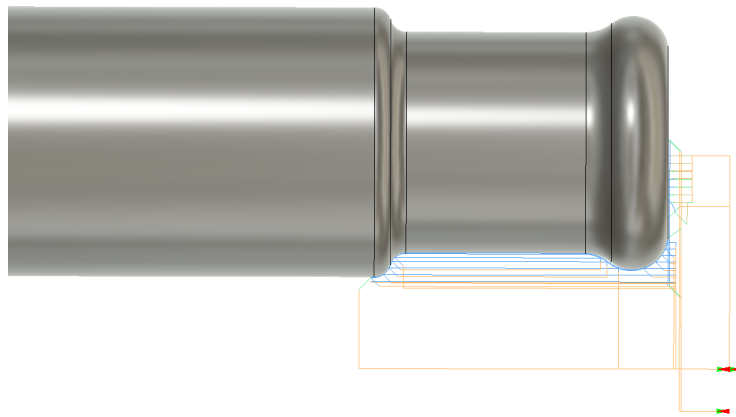


Рисунок 5.19 Циклограма рузу інструменту на операції 020 Токарна з ЧПК

Після того як симуляції створено, потрібно отримати керуючу програму. Для цього необхідно скористатись командою Actions – Post Process. Ця команда викликає вікно в якому ми повинні вибрати для якого типу верстату та для якої стійки необхідно створити керуючу програму. Після того як все обрано, нажимаю Post и програму створено.

Керуюча програма для операції 015 Токарна з ЧПК:

%	N35 Z2.	N62 X54.
O1001	N36 G97 S757 M3	N63 Z2.
N10 G98 G18	(PROFILE ROUGHING1)	N64 G97 S898 M3
N11 G21	N37 G99	N65 M9
N12 G50 S6000	N38 G97 S898 M3	N66 G28 U0.
N13 G28 U0.	N39 G0 X54. Z2.	(PROFILE FINISHING3)
(FACE2)	N40 G50 S1427	N67 M1
N14 T0202	N41 G96 S152 M3	N68 T1414
N15 G54	N42 G0 Z1.1	N69 G54
N16 M8	N43 X33.	N70 M8
N17 G99	N44 G1 Z-155.2 F0.5	N71 G99
N18 G97 S757 M3	N45 X34.	N72 G97 S629 M3
N19 G0 X64. Z2.	N46 X36. Z-154.2	N73 G0 X54. Z2.
N20 G50 S1427	N47 G0 Z1.1	N74 G50 S2421
N21 G96 S152 M3	N48 X31.025	N75 G96 S107 M3
N22 G0 Z0.714	N49 G1 Z-2.004 F0.5	N76 G0 Z-155.794
N23 X44.	N50 X32.4 Z-2.691	N77 X36.2
N24 G1 X36.828 F0.5	N51 Z-155.2	N78 G1 X32.2 F0.127
N25 X34. Z-0.7	N52 X33.	N79 Z-2.965
N26 X-0.794	N53 X35. Z-154.2	N80 X28.535 Z-1.132
N27 X2.035 Z0.714	N54 G0 Z1.1	N81 Z0.868
N28 G0 X44.	N55 X30.05	N82 G0 X54.
N29 Z0.514	N56 G1 X29.05 F0.5	N83 Z2.
N30 G1 X36.828 F0.5	N57 Z-1.016	N84 G97 S629 M3
N31 X34. Z-0.9	N58 X31.025 Z-2.004	N85 M9
N32 X-0.794	N59 X33.025 Z-1.004	N86 G53 X0. Z0.
N33 X2.035 Z0.514	N60 G0 X35.	N87 M30
N34 G0 X64.	N61 Z1.1	%

## Керуюча програма для операції 020 Токарна з ЧПК:

%	N63 G1 Z-34.203	N110 G1 X29.5 Z-32.529
O1001	N64 G3 X31.6 Z-34.927 I-1.1	N111 G0 X34.8
N10 G98 G18	K-2.02	N112 Z0.1
N11 G21	N65 G1 X33.6 Z-33.927	N113 X54.
N12 G50 S6000	N66 G0 Z0.1	N114 Z5.
N13 G28 U0.	N67 X28.4	N115 G97 S629 M3
(FACE3)	N68 G1 Z-2.38 F0.127	(PROFILE FINISHING4)
N14 T0202	N69 G3 X30. Z-3.795 I-3.474	N116 G99
N15 G54	K-2.898	N117 G97 S629 M3
N16 M8	N70 G1 X32. Z-2.795	N118 G0 X54. Z5.
N17 G99	N71 G0 Z0.1	N119 G50 S2421
N18 G97 S757 M3	N72 X26.8	N120 G96 S107 M3
N19 G0 X64. Z5.	N73 G1 Z-1.629 F0.127	N121 G0 Z0.705
N20 G50 S1427	N74 G3 X28.4 Z-2.38 I-2.674	N122 X26.6
N21 G96 S152 M3	K-3.649	N123 G1 X20.38 F0.127
N22 G0 Z0.714	N75 G1 X30.4 Z-1.38	N124 X22.759 Z-0.902
N23 X44.	N76 G0 Z0.1	N125 G3 X28.429 Z-7.998 I-
N24 G1 X36.828 F0.5	N77 X25.293	0.654 K-4.376
N25 X34. Z-0.7	N78 G1 Z-1.182 F0.127	N126 G2 X26.4 Z-10.95 I3.785
N26 X-0.794	N79 G3 X26.8 Z-1.629 I-1.921	K-2.952
N27 X2.035 Z0.714	K-4.096	N127 G1 Z-32.399
N28 G0 X44.	N80 G1 X28.8 Z-0.629	N128 G2 X29.01 Z-34.108 I1.8
N29 Z0.514	N81 G0 Z0.1	K0.022
N30 G1 X36.828 F0.5	N82 X24.586	N129 G3 X32.2 Z-36.198 I-
N31 X34. Z-0.9	N83 G1 X23.786 F0.127	0.605 K-2.115
N32 X-0.794	N84 Z-0.907	N130 G1 Z-36.199
N33 X2.035 Z0.514	N85 G3 X25.293 Z-1.182 I-	N131 Z-36.373
N34 G0 X64.	1.167 K-4.371	N132 X35.028 Z-37.787
N35 Z5.	N86 G1 X27.293 Z-0.182	N133 X36.023
N36 G97 S757 M3	N87 G0 X54.	N134 G0 X54.
N37 M9	N88 Z-6.761	N135 Z5.
N38 G28 U0.	N89 X30.8	N136 G97 S629 M3
(PROFILE ROUGHING11)	N90 G1 X30. F0.127	N137 M9
N39 M1	N91 G3 X28.587 Z-8.06 I-	N138 G28 U0
N40 T0404	4.274 K1.483	(GROOVE5)
N41 G54	N92 G1 X28.4 Z-8.184	N139 M1
N42 M8	N93 Z-33.877	N140 T0300
N43 G99	N94 G2 X29.065 Z-34.012 I0.8	N141 G54
N44 G97 S629 M3	K1.5	N142 M8
N45 G0 X54. Z5.	N95 G3 X30. Z-34.203 I-0.632	N143 G99
N46 G50 S1417	K-2.211	N144 G97 S539 M3
N47 G96 S107 M3	N96 G1 X32. Z-33.203	N145 G0 X54. Z6.5
N48 G0 Z0.1	N97 G0 Z-8.184	N146 G50 S1427
N49 X33.2	N98 X29.2	N147 G96 S91 M3
N50 G1 Z-36.4 F0.127	N99 G1 X28.4 F0.127	N148 G0 X3.
N51 G0 X33.4	N100 G2 X27.5 Z-8.943 I3.8	N149 Z2.
N52 Z0.1	K-2.766	N150 G1 Z0. F0.127
N53 X31.6	N101 G1 Z-33.529	N151 Z-2.8
N54 G1 Z-34.927 F0.127	N102 G2 X28.4 Z-33.877 I1.25	N152 Z2.
N55 G18 G3 X32.4 Z-36.197	K1.152	N153 G0 X4.875
I-1.9 K-1.296	N103 G1 X30.4 Z-32.877	N154 G1 Z0. F0.127
N56 G1 Z-36.198	N104 G0 Z-8.943	N155 Z-2.558
N57 Z-36.4	N105 X28.3	N156 Z1.767
N58 X34.4 Z-35.4	N106 G1 X27.5 F0.127	N157 G0 Z2.
N59 G0 Z0.1	N107 G2 X26.6 Z-10.95 I4.25	N158 X6.75
N60 X30.	K-2.007	N159 G1 Z0. F0.127
N61 G1 Z-3.795 F0.127	N108 G1 Z-32.398	N160 Z-2.223
N62 G3 Z-6.761 I-4.274 K-	N109 G2 X27.5 Z-33.529 I1.7	N161 Z-0.538
1.483	K0.021	N162 Z0.

N163 Z1.766	N180 Z0.	N197 X4.065 Z-3.765
N164 G0 Z2.	N181 Z1.766	N198 X13.865 Z-2.012
N165 X8.625	N182 G0 Z2.	N199 G2 X14.378 Z-1.834 I-
N166 G1 Z0. F0.127	N183 X14.25	0.202 K0.565
N167 Z-1.887	N184 G1 Z0. F0.127	N200 G3 X18. Z-0.908 I2.011
N168 X6.625 Z-0.887	N185 Z-0.551	K-1.698
N169 Z0.841	N186 Z0.	N201 G1 X15.172 Z0.507
N170 G0 Z2.	N187 Z1.414	N202 G0 Z6.5
N171 X10.5	N188 X19.536	N203 X54.
N172 G1 Z0. F0.127	N189 X16.707 Z0.	N204 G97 S539 M3
N173 Z-1.552	N190 G18 G2 X12.995 Z-	
N174 X8.5 Z-0.552	1.105 I0.846 K-3.532	N205 M9
N175 Z0.516	N191 G1 X3.522 Z-2.8	N206 G28 U0. W0.
N176 G0 Z2.	N192 X3.	N207 M30
N177 X12.375	N193 Z-3.8	%
N178 G1 Z0. F0.127	N194 X3.661	
N179 Z-1.216	N195 X3.798 Z-3.796	
	N196 X3.933 Z-3.784	

## 6 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

### 6.1 Вихідні дані

Матеріал оброблювальної заготовки – ЖС6Ф;

Межа міцності матеріалу заготовки –  $\sigma_B = 900$  МПа;

Ширина оброблювальної поверхні заготовки,  $B = 100$  мм;

Довжина оброблювальної поверхні заготовки,  $L = 290$  мм;

Тип верстату – фрезерний верстат з ЧПК Haas VF3.

### 6.2 Розрахунок режимів різання та розрахунок зусиль

Розрахунок режимів різання проводиться для встановлення оптимальних режимів обробки заготовки.

Розрахунок проводиться за літературою [19]:

$B = 22$  мм – ширина фрезерування;

$t = 1$  мм – глибина фрезерування;

$S_z = 0,5$  мм/зуб – подача на один зуб фрези;

$z = 4$  – число зубів фрези;

$T = 120$  хв. – стійкість фрези;

Швидкість різання:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v, \quad (6.1)$$

де  $C_v = 108$ ;

$q = 0,2$ ;



$$m = 0,32;$$

$$x = 0,06;$$

$$y = 0,3;$$

$$u = 0,2;$$

$$p = 0;$$

$$K_v = K_{mv}K_{nv}K_{uv} = 0,3 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,24;$$

$$K_{mv} = 0,3;$$

$$K_{nv} = 0,8;$$

$$K_{uv} = 1;$$

$$v = \frac{108 \cdot 22^{0,2}}{120^{0,32} \cdot 1^{0,06} \cdot 0,5^{0,3} \cdot 22^{0,2} \cdot 4^0} \cdot 0,24 = 6,9 \text{ м/хв}$$

Частота обертів фрези:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 7,67}{3,14 \cdot 22} = 100 \text{ об/хв}$$

Сила різання:

$$P_z = \frac{10C_v t^x S z^y B^u_z}{D^q n^w} K_{mp}, \quad (6.2)$$

$$\text{де } C_v = 218;$$

$$x = 0,92;$$

$$y = 0,78;$$

$$u = 1;$$

$$q = 1,15;$$

$$w = 0;$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{900}{750}\right)^{0,75} = 1,15;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 218 \cdot 1^{0,92} \cdot 0,5^{0,78} \cdot 22^1 \cdot 4}{22^{1,15} \cdot 111^0} \cdot 1,15 = 3194 \text{ Н}$$

Крутний момент на шпинделі:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{3194 \cdot 22}{2 \cdot 100} = 351 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (6.3)$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{3194 \cdot 6,9}{1020 \cdot 60} = 0,36 \text{ кВт} \quad (6.4)$$

### 6.3 Розрахунок напружено-деформованого стану

За допомогою програми «SolidWorks 2017» проводимо аналіз напружень на фрезі. За допомогою команди «Вид сітки» формуємо сітку, для обрахунку даного інструменту (рис. 6.2).

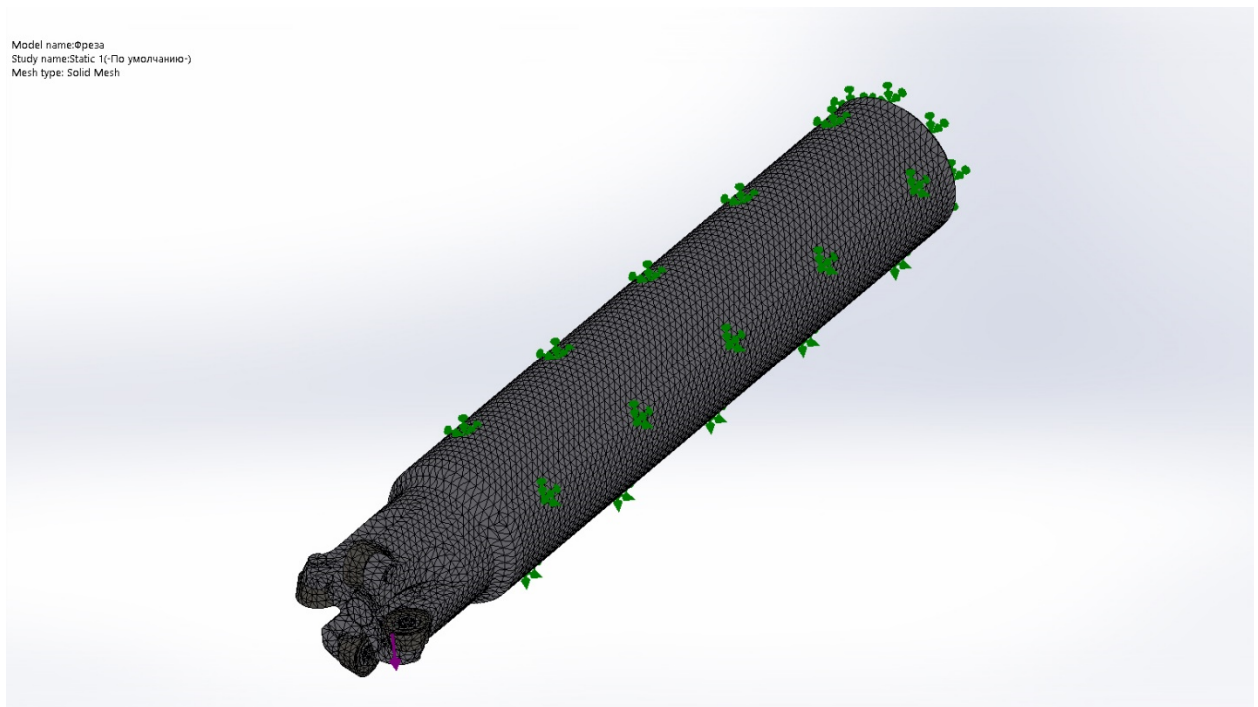


Рисунок 6.2 – Сітка для відображення деталі відносно елементів геометрії

Після цього, задаємо площини залежності фіксації фрези, в нашому випадку це хвостовик та торець (рис. 6.3).

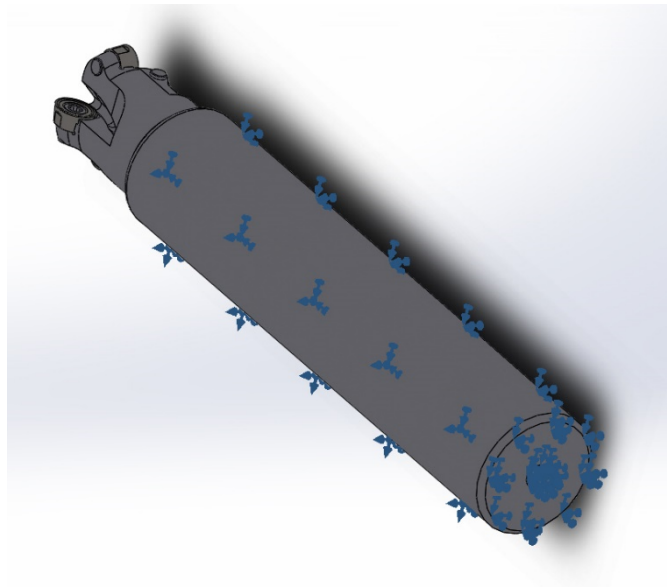


Рисунок 6.3 – Площини фіксації фрези

Наступним кроком ми прикладаємо силу різання на наші пластини, яку ми обрахували,  $P_z = 3194$  Н. Після цього моделюємо, та отримуємо результати:

- Напруження за Мізесом (рис. 6.4)

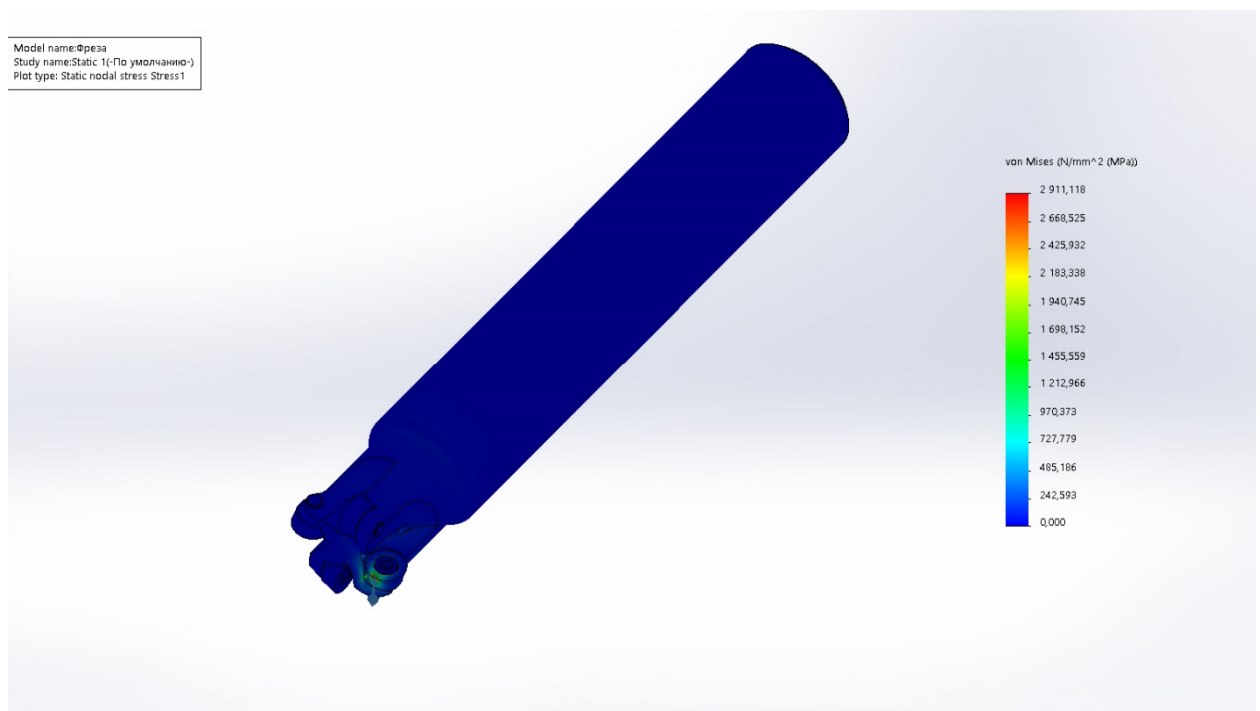


Рисунок 6.4 – Обрахунок напружень за Мізесом

- Коефіцієнт запасу міцності (рис. 6.5)

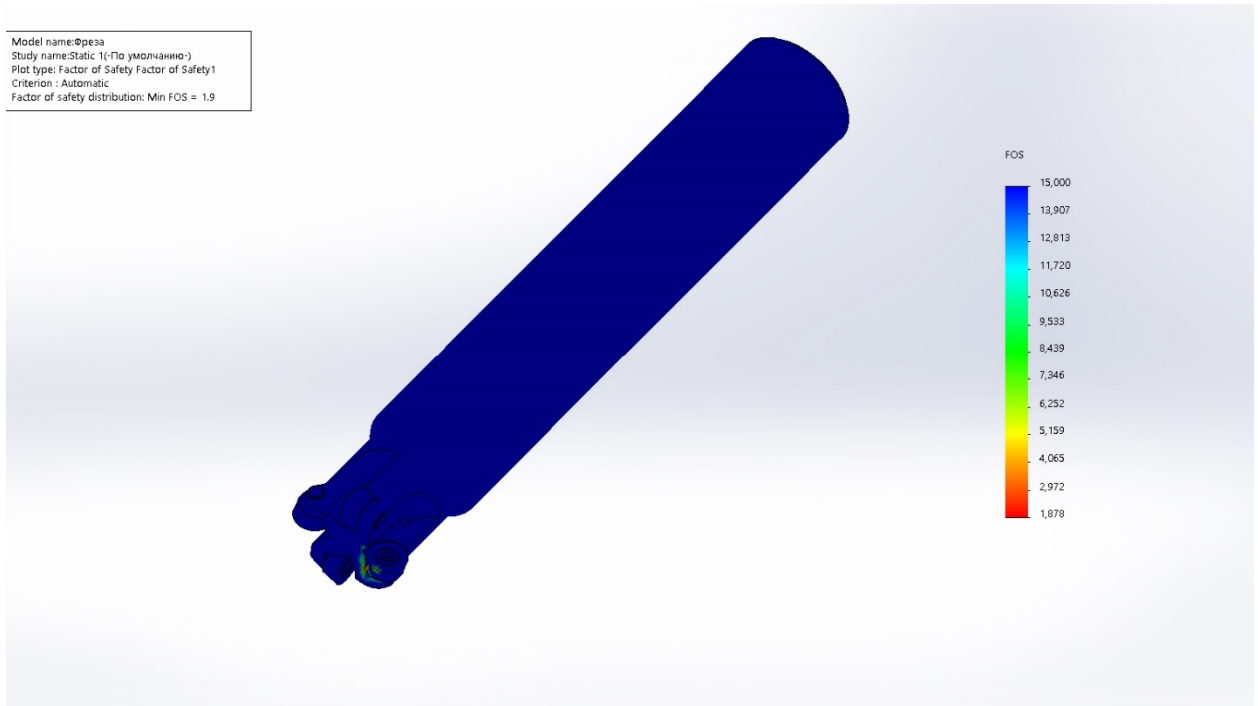


Рисунок 6.5 – Коефіцієнт запасу міцності

- Зміщення (рис. 6.6)

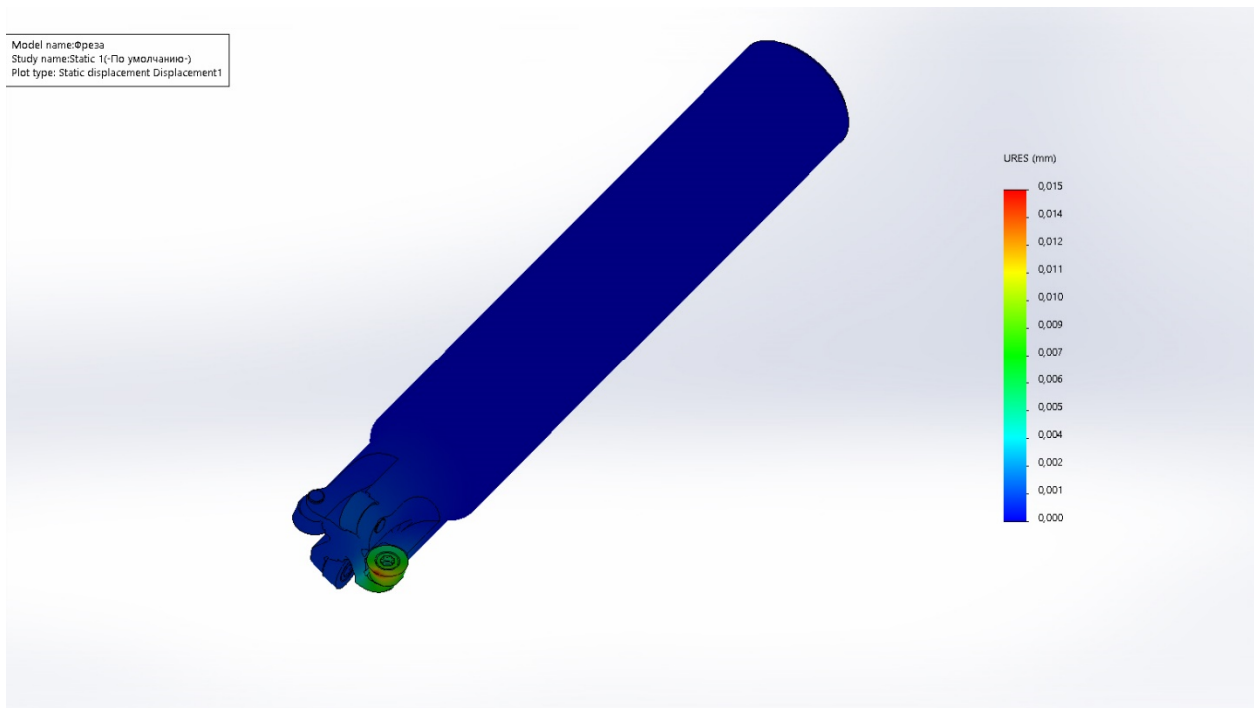


Рисунок 6.6 – Зміщення

За результатами проведеного аналізу напружено-деформованого стану видно, що даний інструмент, при розрахованій та прикладеній силі  $P_z = 3194$  Н, витримує максимальне навантаження 2911 МПа та є працездатним.

## 7 СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1) Профільне фрезерування [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/knowledge/milling/pages/profile-milling.aspx>.
- 2) Фреза CoroMill Plura [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/coromill\\_plura/Pages/default.aspx](https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/coromill_plura/Pages/default.aspx).
- 3) Фреза CoroMill 216F [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/coromill\\_216f/Pages/default.aspx](https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/coromill_216f/Pages/default.aspx).
- 4) Фреза CoroMill 216 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/coromill\\_216/Pages/default.aspx](https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/coromill_216/Pages/default.aspx).
- 5) Фреза CoroMill 300 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/coromill\\_300/Pages/default.aspx](https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/coromill_300/Pages/default.aspx).
- 6) Інструментальний конус [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Інструментальний\\_конус](https://uk.wikipedia.org/wiki/Інструментальний_конус).
- 7) Конус Морзе [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://gazkomplekt-saratov.ru/uk/normalnye-ugly-i-konusy-instrumentov-konus-instrumentalny.html>.
- 8) Циліндричний хвостовик [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.metalcutting.ru/content/cilindricheskiy-hvostovik>.
- 9) Хвостовики свердл і бурів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Хвостовики\\_свёрл\\_и\\_буров](https://ru.wikipedia.org/wiki/Хвостовики_свёрл_и_буров).
- 10) Дослідження конструкції кінцевих фрез направлених на підвищення якості обробленої поверхні [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [http://eir.zntu.edu.ua/bitstream/123456789/4473/1/MR\\_Yermilov.pdf](http://eir.zntu.edu.ua/bitstream/123456789/4473/1/MR_Yermilov.pdf).

- 11) Профільне фрезерування [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/knowledge/milling/pages/profile-milling.aspx>.
- 12) Инструментальные материалы. Мойсеенко О.И., Чкалова О.Н. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1982. – 196 с.
- 13) Круглі швидкозмінні пластини. Веб сайт: [https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/coromill\\_600/pages/assortment.aspx#query=%7B%22n%22:%22INS\\_COR%22,%22l%22:%22INSMILG\\_COR%22,%22r%22:%22%5B%5D,%22c%22:%22%5B%5D%7D](https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/coromill_600/pages/assortment.aspx#query=%7B%22n%22:%22INS_COR%22,%22l%22:%22INSMILG_COR%22,%22r%22:%22%5B%5D,%22c%22:%22%5B%5D%7D).
- 14) Системи інструментального забезпечення: Метод. вказівки до практичної роботи «Розрахунок зміщення осі гвинта для кріплення різальної пластини» [Текст] / Уклад.: Ю.І. Адаменко – К.: НТУУ «КПІ», 2019. – 19 с.
- 15) ГОСТ 12876-67 – Поверхности опорные под крепежные детали.
- 16) ГОСТ 11284-75 - Отверстия сквозные под крепежные детали.
- 17) Режущий инструмент. Курсовое и дипломное проектирование. Учебное пособие./Под ред. Е.Э.Фельденштейна. – Мн.: Дизайн ПРО, 2002. – 320с., ил. ISBN 985-452-052-8.
- 18) Стандарти: ГОСТ 26595-85 – фрези торцеві з механічним кріпленням пластин; ГОСТ 166-63 – штангельциркулі; ГОСТ 18884-73 – різці токарні відрізні з твердосплавними пластинами; ГОСТ 2675-80. – самоцентрівні патрони; ГОСТ 12593-93 – станки металоріжучі;
- 19) Довідник технолога-машинобудівника. В 2-х т. Т. 1/Під ред. А. Г. Косиловой і Р. К. Мещерякова. - 4-і изд., перераб. і доп. - М.: "Машинобудування", 1985. 656 с.
- 20) Технологічне оснащення [Електронний ресурс] // Бердичівський політехнічний коледж. – 2006. – Режим доступу до ресурсу: [https://drive.google.com/drive/u/0/folders/0B5aNPBC\\_cZVuMzRqY3NzSFFSUXM](https://drive.google.com/drive/u/0/folders/0B5aNPBC_cZVuMzRqY3NzSFFSUXM).

- 21) Равська Н. С., Мельничук П. П., Касьянов А. Г., Родін Р. П. Технологія інструментального виробництва: Підручник для студентів спеціальностей: 7.090202 "Технологія машинобудування", 7.090203 "Металорізальні верстати та системи", 7.090204 "Інструментальне виробництво". - Житомир: ЖІТІ, 2001. - 555 с.
- 22) Белоусов А. П. Проектування верстатних пристосувань: навчальний посібник для технікумів, що вчаться. - 3-і изд., перераб. і доп. - М.: Высш. школа, 1980. - 240 с.
- 23) Горошкин А. К. Пристосування для металорізальних верстатів: Довідник. - 7-і изд., перераб. і доп. - М.: Машинобудування, 1979. - 303 с.
- 24) Котельников В. К., Христофоров Д. Г. "Пристосування для різальних інструментів". Москва, 1963, - 190 с.
- 25) Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов: Учеб. Пособие для вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты»/ Под общ. ред. Г.Н. Кирсанова – М.: Машиностроение, 1986. – 288 с.: ил.
- 26) Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т./ Ред. Совет: Б.Н. Вардашкин (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1984 – Т.2 / Под ред. Б.Н. Вардашкина, В.В. Данилевского. 1984. 656с., пл.
- 27) Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов – 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с четвертого изданий 1983г. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007 – 256 стр.
- 28) Общемашиностроительные нормативы времени – Москва, 1984. – 472 с. – (НИИ Труда).
- 29) ГОСТ 2590-2006 Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент.

- 30) Расчет припусков на обработку деталей: метод. указания к практ. занятиям по дисциплине «Технология машиностроения» / сост. Т.А. Желобова; Владим. Гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владимир. гос. унта, 2005. – 52 с.
- 31) Энциклопедия по машиностроению XXL [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:  
<https://mashxxl.info/page/139157143187088063212198193166009123194239065250/>



**ДОДАТКИ**

Дубл.															
Взамін.															
Підпис															
											Зм	Ар	Недок.	Підпис	Дата
														2	1
Розробив	Мурашко В.С.														
Перевірів	Мініцька Н.В.														
Н. контр.					Корпус торцевої фрези для профільного фрезерування							Н			
Назва операції		Матеріал		Твердість		ОВ	МД	Профіль і розміри				МЗ	Коод		
015 Токарна з ЧПК		Сталь 9ХС ГОСТ 5950–2000		241 НВ									1		
Обладнання		Позначення програми		То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР							
DMG ALX 2500				0,35											
Р		ПН	Дабо В	L	t	i	s	n	v						
P01	А. Встановити, закріпити														
T02	Трьохкулачковий патрон														
03															
O04	1. Точити хвостову частину остаточно в розмір Ø32,27h10 на довжину 154.1 мм.														
T05	Токарний збірний прохідний різець з механічним кріплення твердосплавних пластинок														
06															
P07			Ø32,27	154,1	0,26	1	0,2	2518	258,6						
08															
O09	2. Контролювати розміри Ø32,27h10 та 154.1														
T10	Штангенциркуль ШЦ–II–250–0,05 ГОСТ 166–89														
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
OK															

ГОСТ 3.1404-86

Форма 3

[illegible]



ГОСТ 3.1404-86

Форма 3

[illegible]

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №					Документация			
	A3			ДП.МІп71.02.002 ТК	Торцева фреза зі змінними твердосплавними пластинками для профільного оброблення	1		
					Детали			
	A3	1		ДП.МІп71.02.001 ТК	Корпус фрези	1		
Подп. и дата					Стандартные изделия			
			4		Пластина Sandvik "600-1045 E-ML S40T"	4		
			3		Гвинт ISO 5513 020 – 75	4		
Взам. инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № подл.								
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Торцева фреза зі змінними твердосплавними пластинками для профільного оброблення	Лит.	Лист	Листов
								1
Разраб.		Мурашко В.С.				НТУУ "КПІ ім. Ізгоря Сікорського" ММІ МІ-п71		
Пров.		Мініцька Н.В.						
Н.контр.								
Утв.								

[illegible]

[illegible]



# Аналіз елементів конструкції фрез

## Конструкції фрез

Фреза CoroMill Plug



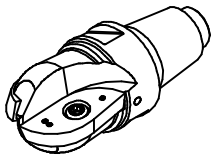
### Переваги:

1. Простота конструкції.

### Недоліки:

1. Необхідність переточування інструменту;
2. Застаріла конструкція інструменту;
3. Значне використання інструментального матеріалу.

Фреза CoroMill 216



### Переваги:

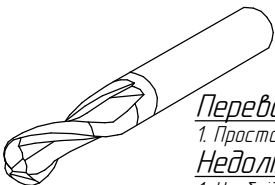
1. Наявність змінного різального елемента;
2. Модульна система кріплення;
3. Можливість обробки різного матеріалу.

### Недоліки:

1. Складність конструкції;
2. Наявність лише 2 ріжучих країв;
3. Падіння швидкості різання до нуля в центрі фрези.

## Різальний елемент

Цільна фреза



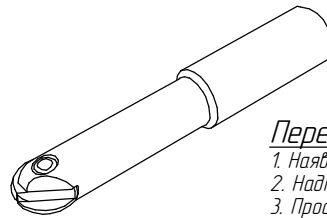
### Переваги:

1. Простота конструкції.

### Недоліки:

1. Необхідність переточування інструменту;
2. Застаріла конструкція інструменту;
3. Значне використання інструментального матеріалу.

Фреза CoroMill 216F



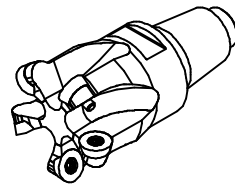
### Переваги:

1. Наявність змінного різального елемента;
2. Надійність обробки;
3. Просте механічне кріплення;
4. Можливість обробки різного матеріалу.

### Недоліки:

1. Наявність лише двох ріжучих країв.

Фреза CoroMill 300



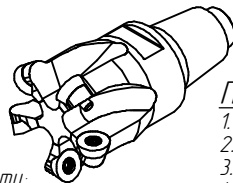
### Переваги:

1. Наявність змінного різального елемента;
2. Кількість різальних країв від 3 до 8;
3. Модульна система кріплення;
4. Можливість обробки різного матеріалу;
5. Низькі сили різання і незначне тепло-виділення;
6. Отвори для внутрішньої подачі MDP в зону різання.

### Недоліки:

1. Складність конструкції.
2. Не підходить для чистового оброблення.

Зі змінними різальними пластинами



### Переваги:

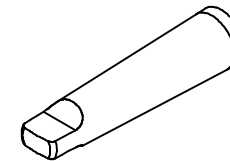
1. Використання змінного різального елемента;
2. Відсутня необхідність переточування інструменту;
3. Просте механічне кріплення;
4. Можливість обробляти різний матеріал, при зміні пластинки

### Недоліки:

1. Мало різальних елементів.

## Хвостовики

Хвостовик з конусом Морзе (ГОСТ 25557-2006)



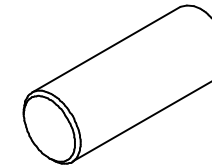
### Переваги:

1. Надійність кріплення;
2. Швидка зміна інструменту;
3. Висока точність центрування.

### Недоліки:

1. Важкість виготовлення;
2. Часте самозаклинювання хвостовика в шпинделі;
3. Велика довжина хвостовика;
4. Неблизька площа торця хвостовика і, як наслідок, недостатній осьовий упор;
5. Неможливість автоматичної зміни інструменту через відсутність зацепів на хвостовику.

Циліндричний хвостовик



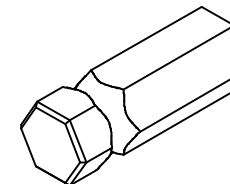
### Переваги:

1. Простота виготовлення;
2. Внаслідок малих обертальних моментів інструмент не заклинює в робочому матеріалі;
3. Простота та швидкість зміни інструменту в патроні;
4. Економія матеріалу, оскільки циліндричні хвостовики в 2-3 рази коротші за конічні;
5. Можливість застосування в ручних інструментах.

### Недоліки:

1. Неможливість передачі відносно великого обертального моменту через просколювання хвостовика;
2. Гірше центрування інструменту в порівнянні з конічним хвостовиком.

Шестигранний хвостовик

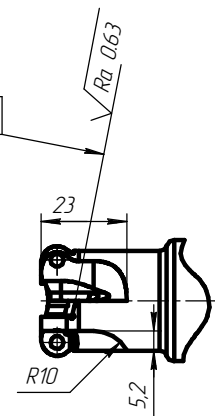
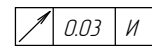
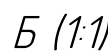
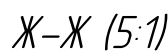
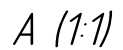
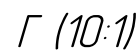
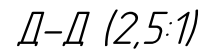
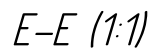


### Переваги:

1. Здатність передачі великих крутних моментів через стійкість до прокручування;
2. Швидка зміна інструменту;
3. Може застосовуватись як в трьохкулачковому патроні, так і в державках викруток-встадок.

### Недоліки:

1. Важкість виготовлення;
2. Додаткові вимоги до хвостовика.



2 Твердість HRC 42...46

3 Поверхні деталей фрези, крім шліфованих, повинні мати покриття хім. окс. прм. по ГОСТ 9.306 – 85

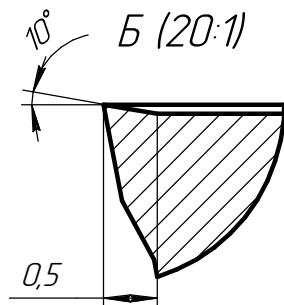
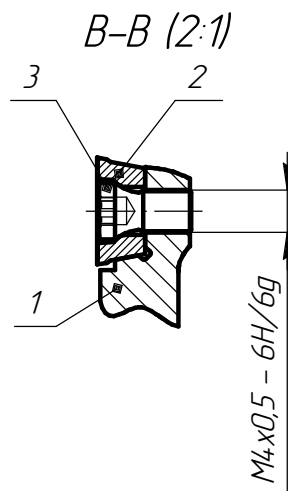
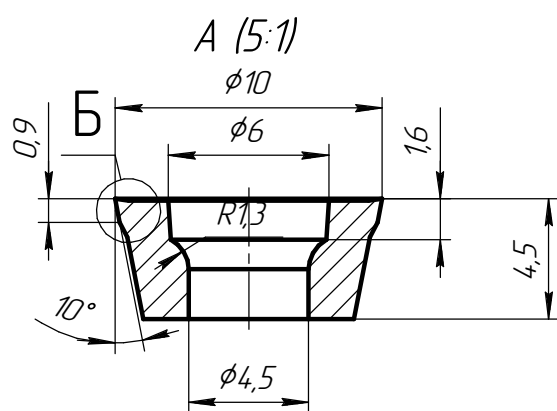
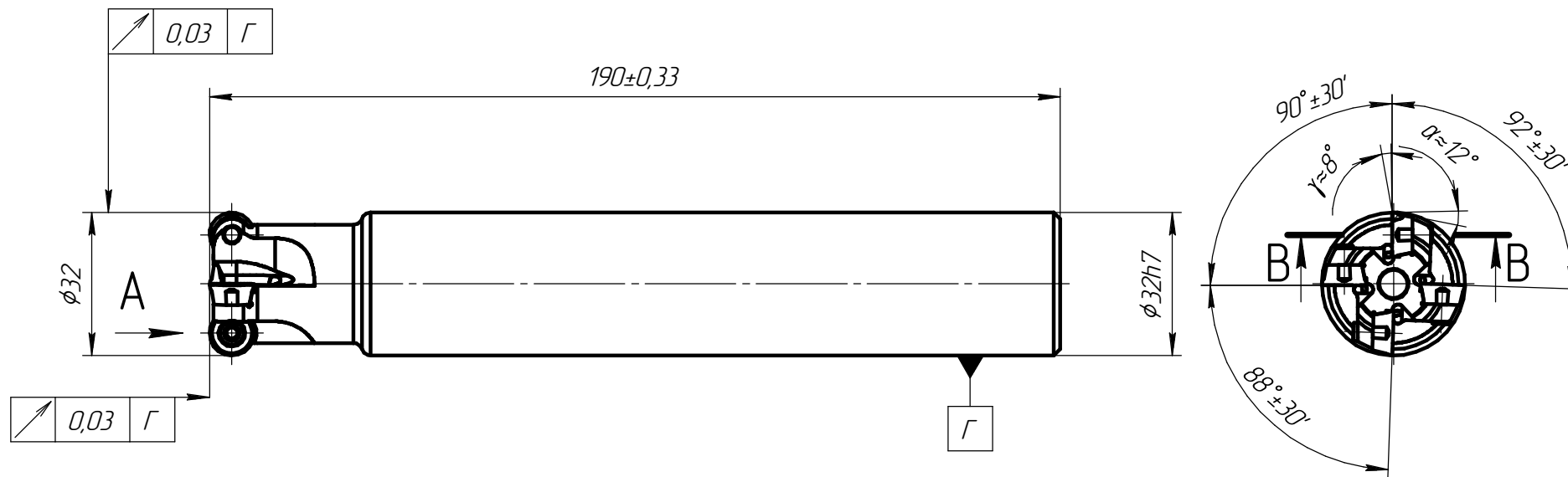
4 Невказані радіуси заокруглень 0,8 мм

5 Невказані граничні відхилення розмірів H14, h14,  $\pm \frac{IT14}{2}$

6 Маркувати:  $D_{p, \min} = 22 \text{ мм}$ ,  $D_{p, \max} = 30 \text{ мм}$ , Сталь 9ХС, НТУУ "КПІ".

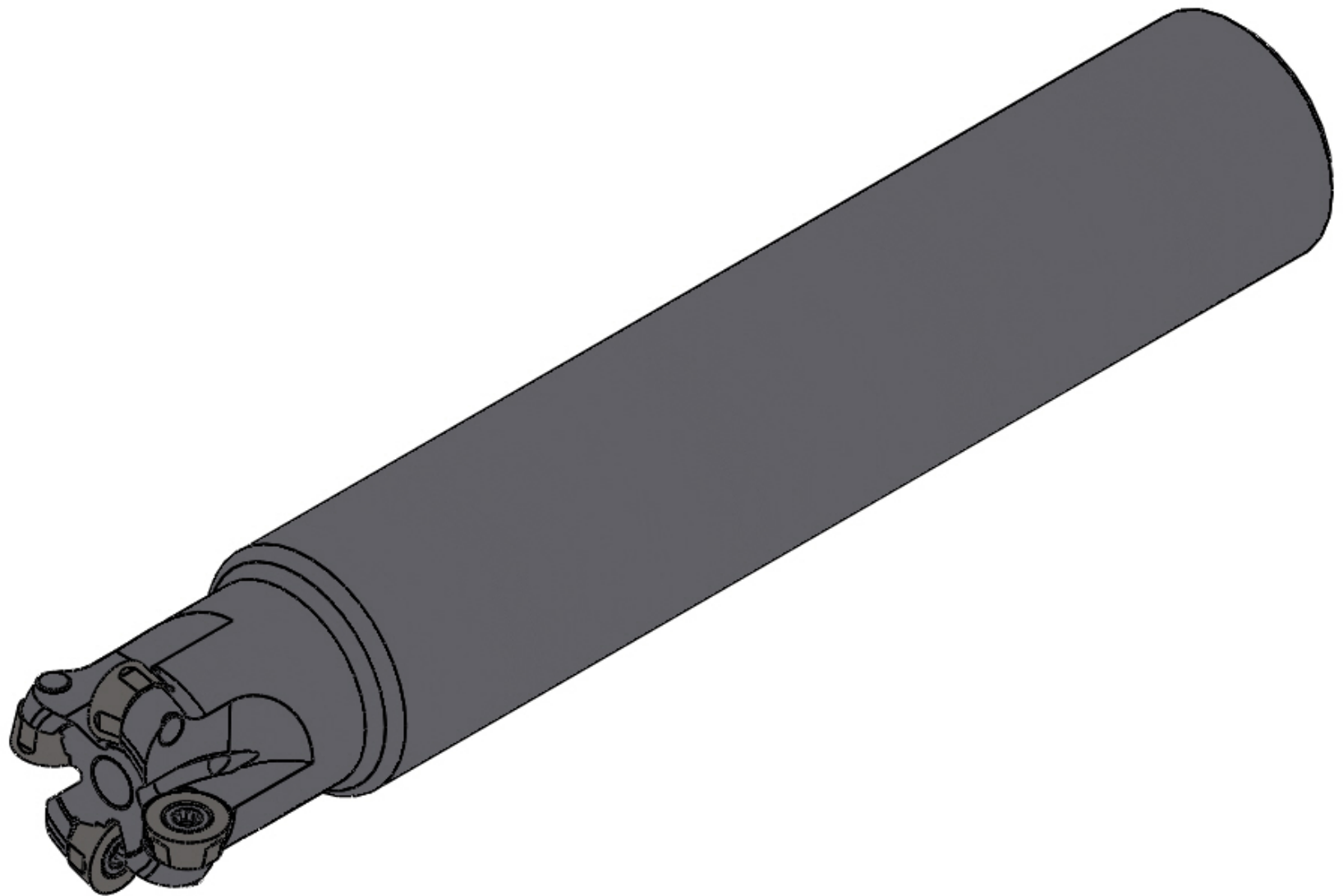
[illegible]

ДП.МІп71.02.002 ТК



- 1 Технічні вимоги до змінних круглих пластин по ГОСТ 19086-80.
- 2 Зазори між опорними поверхнями пластини і корпусу фрез під ріжучою кромкою не допускаються.
- 3 Період стійкості фрези не менше: середній 70 хв, 95 %-ий 35 хв.
- 4 Упаковка по ГОСТ 18088-83.
- 5 Методи контролю по ГОСТ 28436-90.

						ДП.МІп71.02.002 ТК		
						Фреза універсальна торцева зі змінними твердосплавними пластинками для профільного фрезерування		
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата			Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Мурашко В.С.							1:1
Пров.	Мініцька Н.В.							
Т.контр.						Лист	Листов 1	
Н.контр.						НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського" ММІ МІ-п71		
Утв.								



Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дѣл.

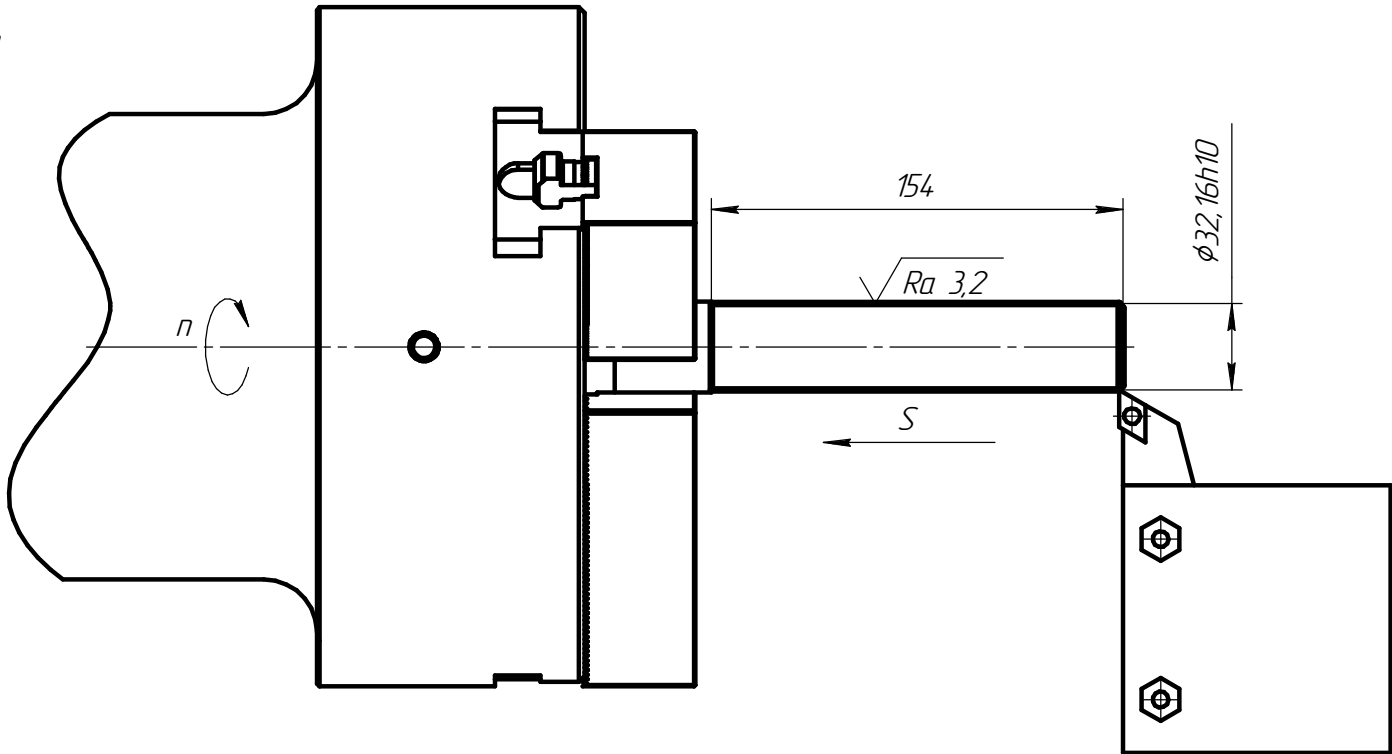
Взам. инд. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

ДП.МІп71.03.001 ТК

Операція:  
015 Токарна з ЧПК  
Суть операції:  
Точити хвостову частину остаточно  
Обладнання:  
Токарний верстат з ЧПК  
DMG ALX 2500  
Різальний інструмент:  
Різець токарний збірний прохідний  
з механічним кріплення твёрдо-  
сплавних пластино



Глибина різання	Подача	Частота обертання шпинделя	Швидкість різання	Основний час
$t = 0.26 \text{ мм}$	$S = 0.2 \text{ мм/об}$	$n = 2518 \text{ об/хв}$	$V = 258.6 \text{ м/хв}$	$0.35 \text{ хв}$

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП.МІп71.03.001 ТК		
Разраб.	Мурашко В.С.				Карта наладки другого переходу операції 015 Токарна з ЧПК		
Пров.	Мініцька Н.В.						
Т.контр.							
Н.контр.							
Утв.							
					Лит.	Масса	Масштаб
							1:2
					Лист 1		
					НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського" ММІ МІ-п71		

Перв. примен.

Спраб. №

Подп. и дата

Инд. № дубл.

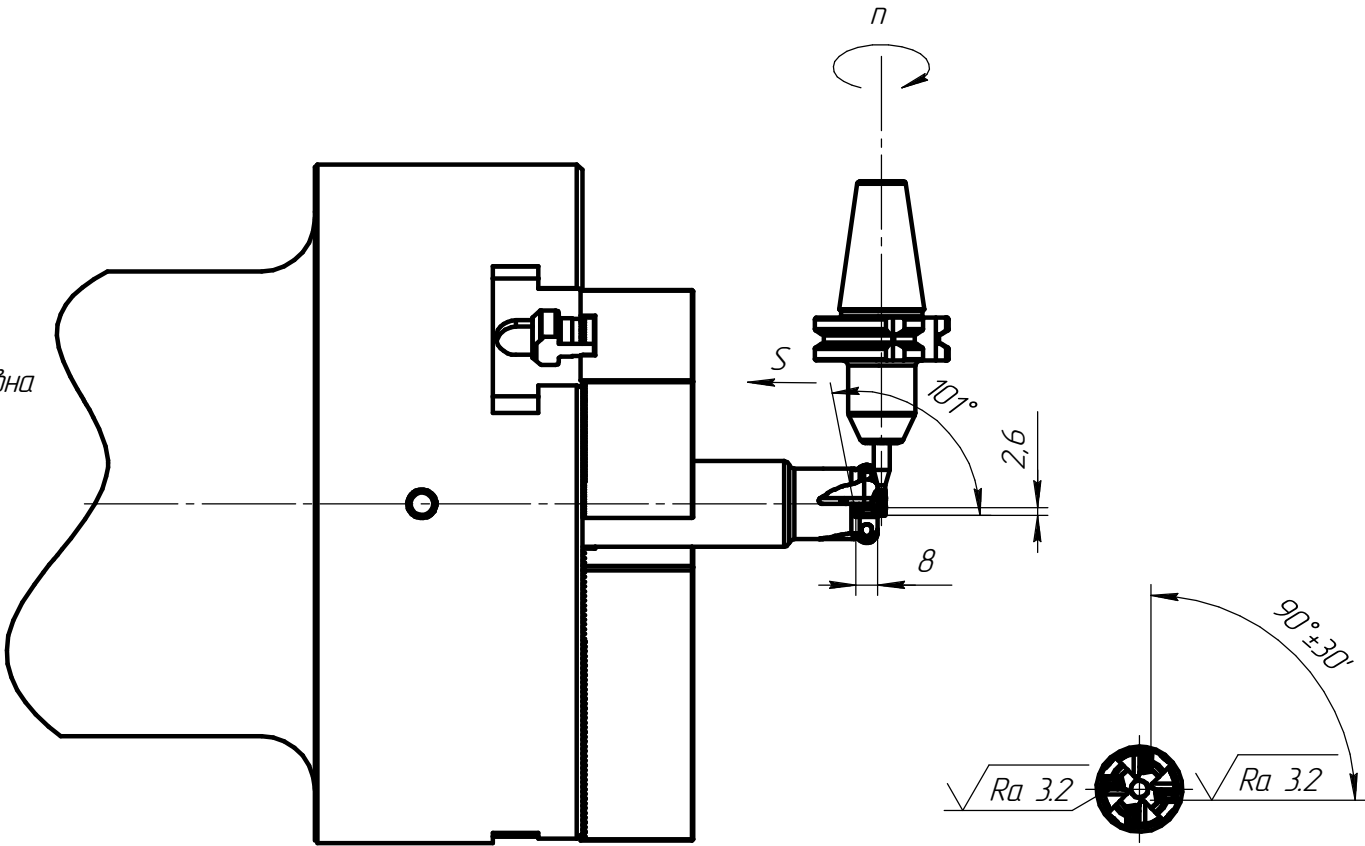
Взам. инд. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

ДП.МІп71.03.002 ТК

Операція:  
ОЗО Фрезерна з ЧПК  
Суть операції:  
Фрезерувати пази під пластини  
Обладнання:  
Токарно-фрезерний верстат  
з ЧПК Mazak sqt 10 ms  
Різальний інструмент:  
Кінцева фреза цільна твердосплавна



Глибина різання	Подача	Частота обертання шпинделя	Швидкість різання	Основний час
$t = 0.25 \text{ мм}$	$S = 0.3 \text{ мм/об}$	$n = 2833 \text{ об/хв}$	$V = 26.3 \text{ м/хв}$	$0.51 \text{ хв}$

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ДП.МІп71.03.002 ТК		
Разраб.	Мурашко В.С.				Карта наладки другого переходу операції ОЗО Фрезерна з ЧПК		
Пров.	Мініцька Н.В.						
Т.контр.							
Н.контр.							
Утв.							
					Лист	Масса	Масштаб
							1:2
					Лист 1		
					НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського" ММІ МІ-п71		

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дубл.

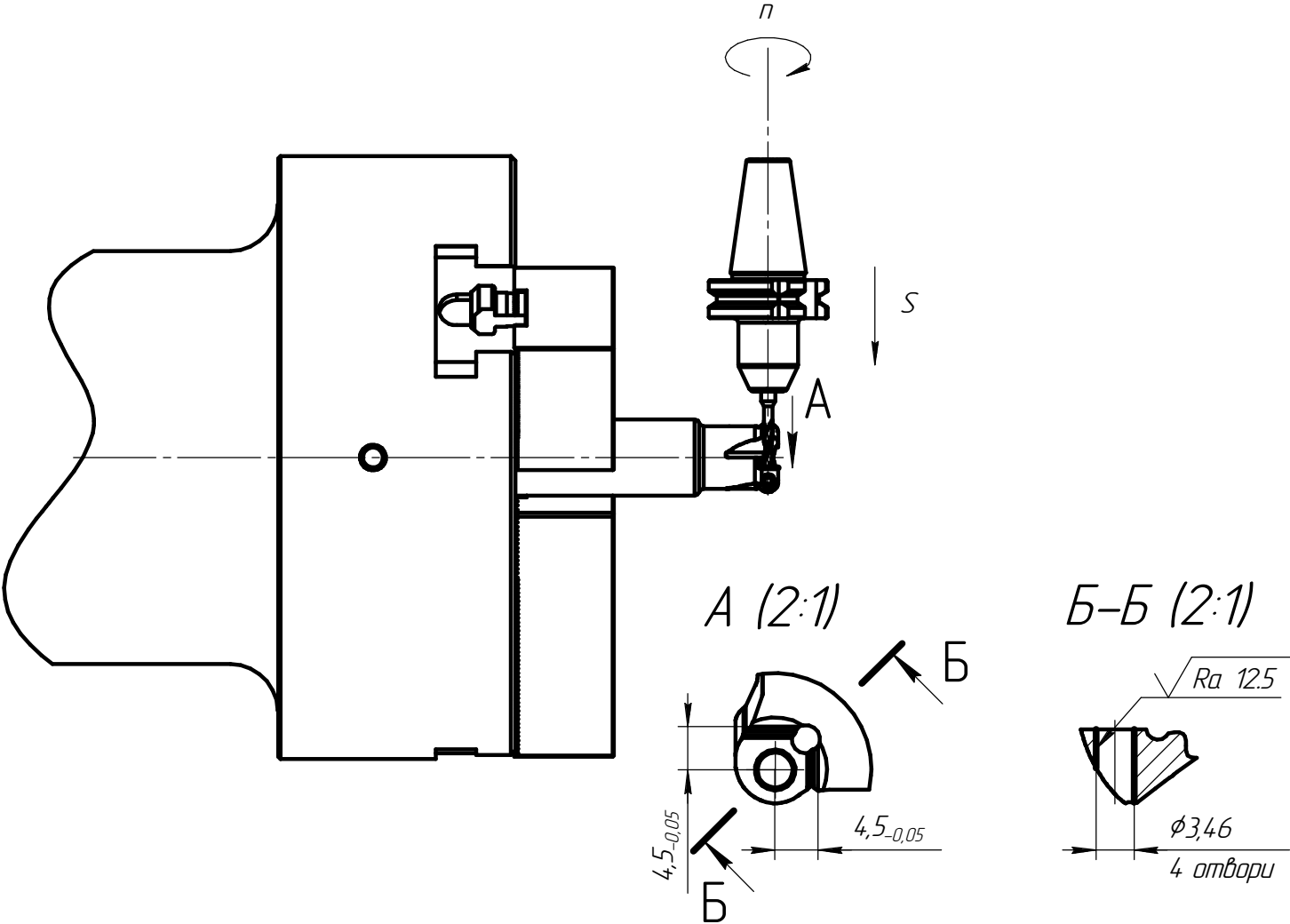
Взам. инд. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

ДП.МІп7103.003 ТК

Операція:  
035 Свердлильна з ЧПК  
Суть операції:  
Свердлити отвори під різьду для  
кріплення пластин  
Обладнання:  
Токарно-фрезерний верстат  
з ЧПК Mazak sqt 10 ms  
Різальний інструмент:  
Свердло спіральне з  
циліндричним хвостовиком



Глибина різання	Подача	Частота обертання шпинделя	Швидкість різання	Основний час
$t = 1.73 \text{ мм}$	$S = 0.07 \text{ мм/об}$	$n = 2910 \text{ об/хв}$	$V = 32 \text{ м/хв}$	$0.15 \text{ хв}$

ДП.МІп7103.003 ТК					Карта наладки другого переходу операції 035 Свердлильна з ЧПК		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Мурашко В.С.						1:2
Пров.	Мініцька Н.В.				Лист	Листов	1
Т.контр.					НТУУ "КПІ ім. Ізгоря Сікорського" ММІ МІ-п71		
Н.контр.							
Утв.							

Перв. примен.

Спраб. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

ДП.Мін71.03.004 ТК

Операція:  
050 Шліфувальна  
Суть операції:  
Шліфувати хвостовик остаточно  
Обладнання:  
Шліфувальний верстат Zenitech  
DS210J  
Різальний інструмент:  
ПП 200х30х105 5А 50 СМ2 К5 30 м/с

Technical drawing showing a grinding operation. The drawing includes a side view of the grinding wheel and workpiece, a cross-section view of the grinding process, and a detail view of the ground surface. Dimensions and parameters are specified: length 154, diameter 32H7, surface roughness Ra 0.63, and feed S. The rotation of the grinding wheel is indicated by n3 and the rotation of the workpiece by nk.

Глибина різання	Подача	Частота обертання шпинделя	Швидкість обертання заготовки	Основний час
t = 0.017 мм	S = 0.125 мм/об	n = 300 об/хв	V = 30 м/хв	4,1 хв

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Мурашко В.С.			
Пров.	Мініцька Н.В.			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

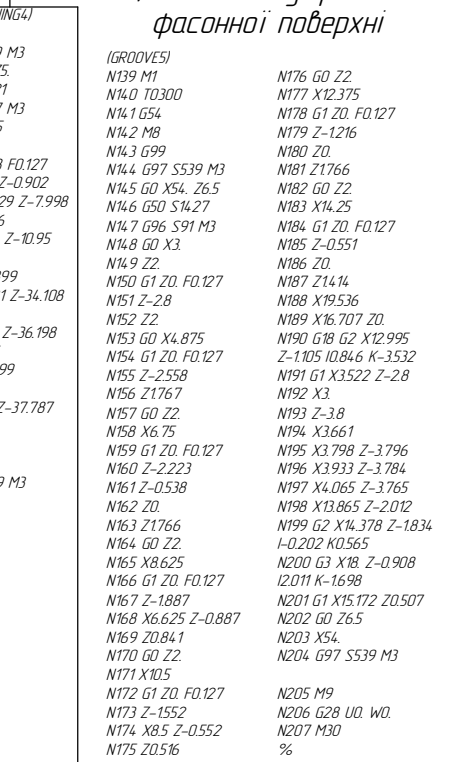
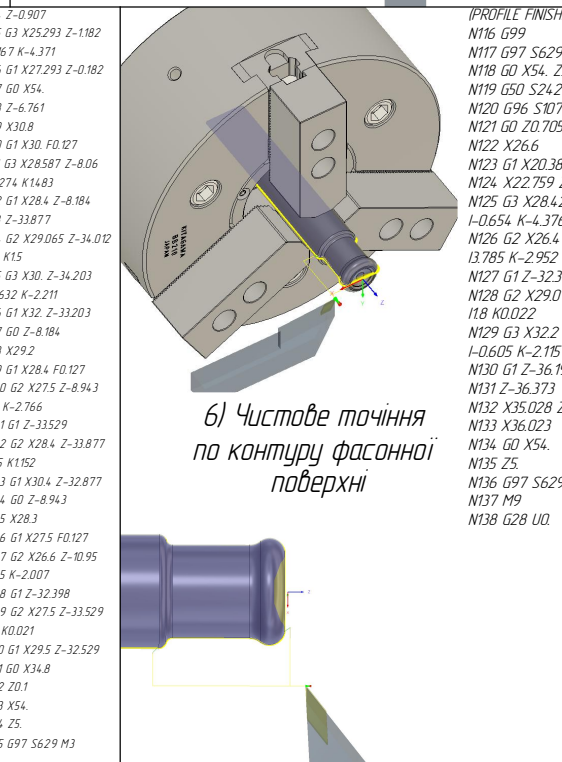
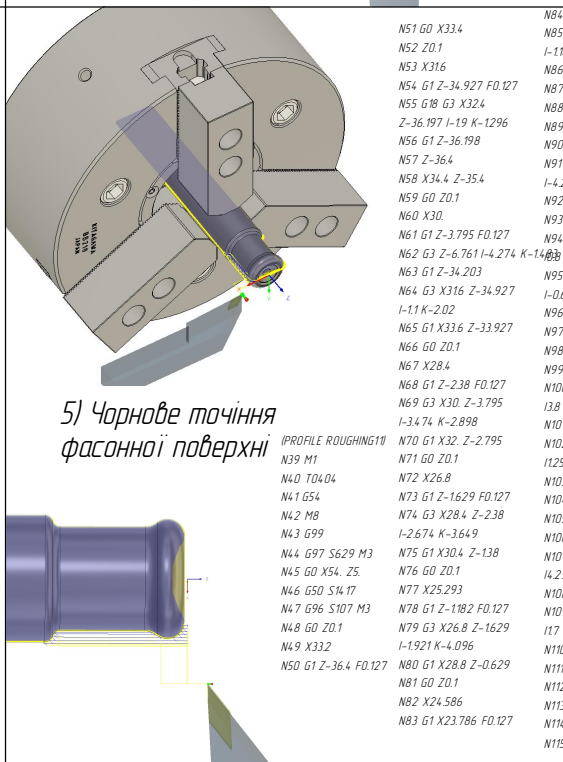
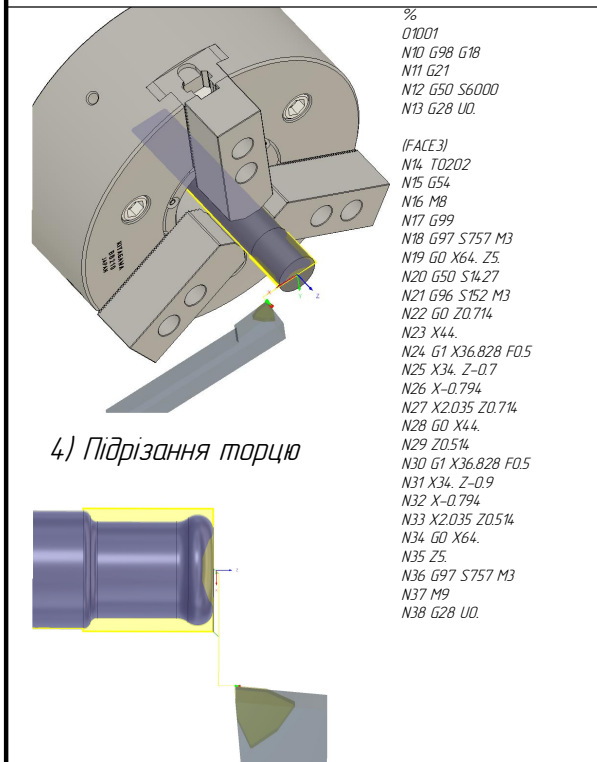
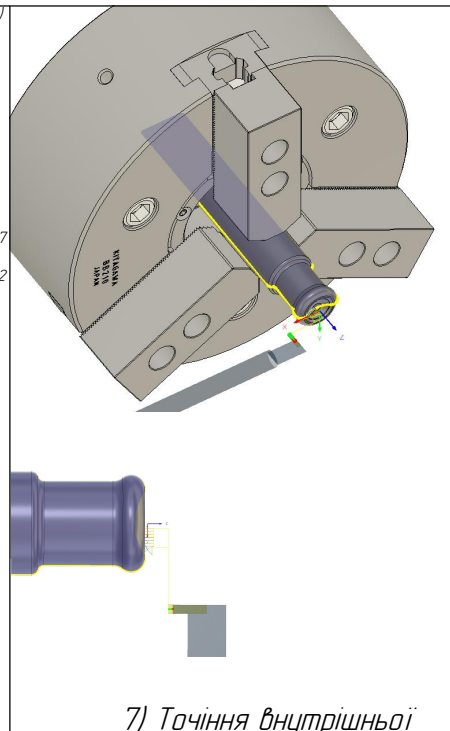
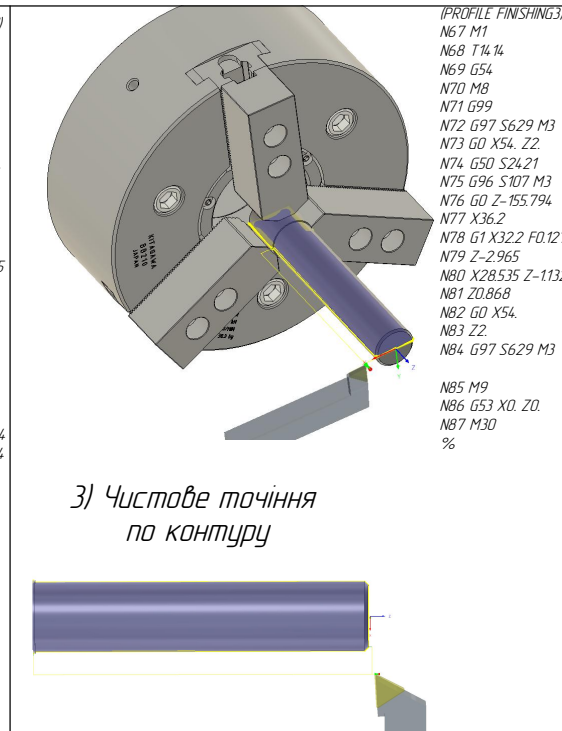
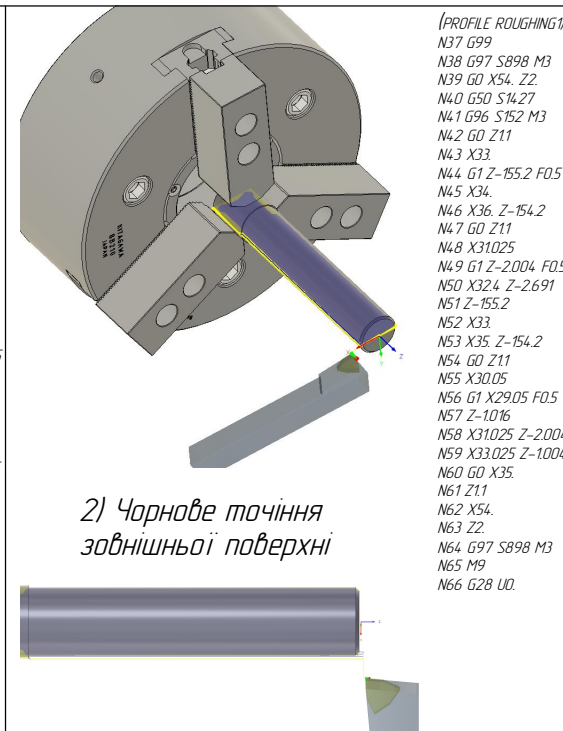
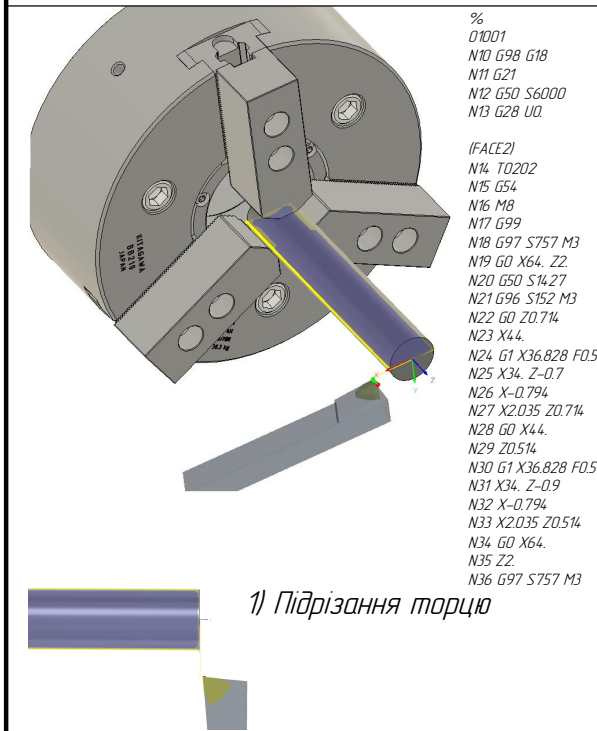
ДП.Мін71.03.004 ТК			
Карта наладки операції 060 Шліфувальна	Лит.	Масса	Масштаб
			1:2
	Лист 1		
НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського" ММІ МІ-п71			

КопировалФормат А3



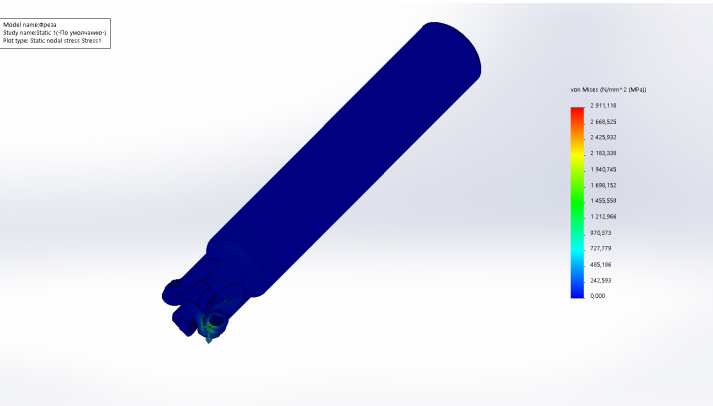


# Проектування технологічної операції оброблення на токарному верстаті з ЧПК

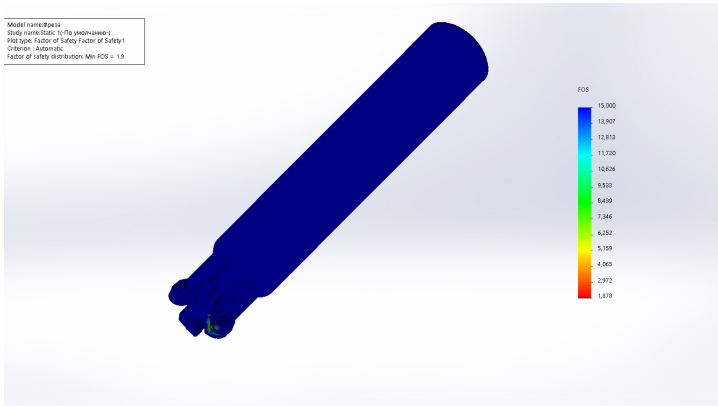


# Аналіз напружено-деформованого стану торцевої фрези для профільного фрезерування

Напруження по Мізесу

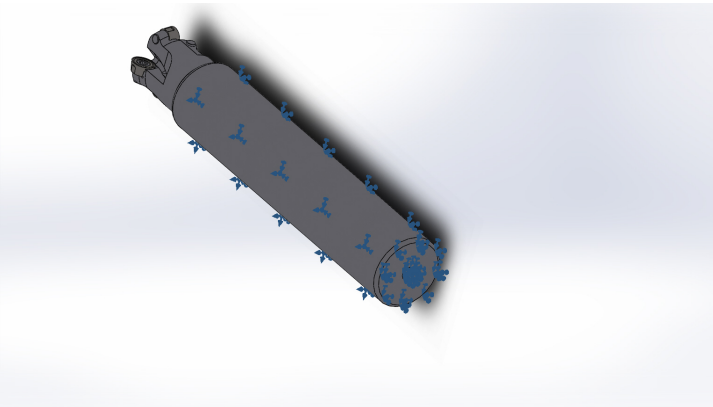


Коефіцієнт запасу міцності

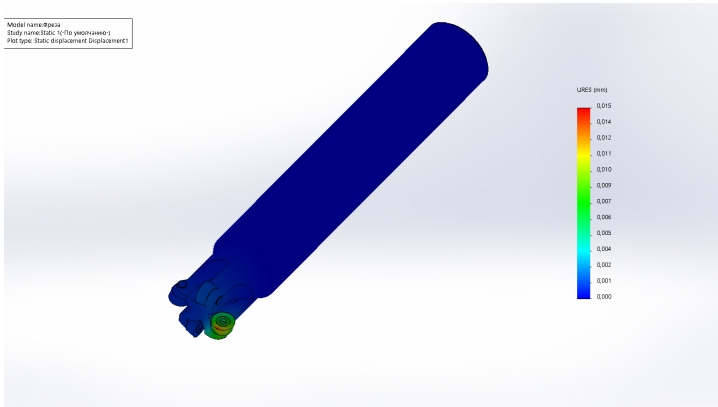


Прикладена сила – 3194 Н  
Крутний момент – 351 Нм

Базування



Зміщення



Матеріал	Сталь 9ХС	
Загальні характеристики матеріалу	Масова щільність	7,73 г/см <sup>3</sup>
	Межа текучості	250 МПа
	Остаточна межа міцності розтягу	400 МПа
Напруження	Модуль Юнга	205 ГПа
	Коефіцієнт Пуассона	0,3 др
	Модуль пружності при зсуві	78,84 ГПа
Найменування деталей	Корпус торцевої фрези, Гвинт з потайною головкою з заглиблення під зірочку М4х10, 4 шт.	
Матеріал	S40T	
Загальні характеристики матеріалу	Масова щільність	1325 г/см <sup>3</sup>
	Межа міцності при зжиманні	4900 МПа
	Остаточна межа міцності розтягу	2400 МПа
Напруження	Модуль Юнга	530 ГПа
	Коефіцієнт Пуассона	0,223 др
	Модуль пружності при зсуві	239 ГПа
Найменування деталей	Пластина, 4 шт.	